



Titulació:

GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA

Alumne:

Guillem Fernandez Robuste

Enunciat TFG:

ESTUDI DE DISSENY D'UNA PICADORA DE CARN INDUSTRIAL

DIRECTORA DEL TFG:

M^{re} Núria Salán Ballesteros

Convocatòria de lliurament del TFG:

JUNY 2019

Contingut:

MEMÒRIA

ÍNDEX

i Declaració d'honor.....	1
ii Resum.....	2
iii Objectiu.....	3
iv Justificació.....	4
1 Introducció	5
1.1 Descripció del Procés d'Elaboració de Embotits Càrnics	5
1.2 Màquines processadores de carn.....	6
1.2.1 Serra de cinta	6
1.2.2 Guillotina	7
1.2.3 Talladora de blocs.....	7
1.2.4 Picadora	8
1.2.5 Emulsificador	8
1.3 Característiques i tipus de picadores.....	9
1.4 Comparació de picadores industrials dins el mercat actual	11
1.4.1 Picadores Seydelmann.....	11
1.4.2 Picadores Laska.....	11
1.4.3 Picadores Mepaco	12
1.4.4 Picadores Mado	13
1.4.5 Picadores Biro	13
1.4.6 Picadores CastellVall.....	14
1.4.7 Resum dels factors analitzats	14
2 Disseny Conceptual.....	16
2.1 Normatives Tècniques per a la Indústria Alimentària	16
2.2 Requeriments Generals.....	16
2.3 Factors d'influència.....	17
2.4 Propostes de disseny	18
2.4.1 Material dels elements en contacta amb l'aliment	18
2.4.2 Descripció general	19
2.4.3 Sistema d'alimentació	19
2.4.3.1 Cinta transportadora	19
2.4.3.2 Elevador-Bolcador.....	21
2.4.4 Sistema de treball	23
2.4.4.1 Sistema de treball recte	23
2.4.4.2 Sistema de treball angular	24
2.4.5 Sistema de tall	26
2.4.5.1 Set Enterprise.....	26
2.4.5.2 Set Unber	27
2.5 Decisió final	27
3 Descripció del disseny final	28
4 Càlcul del Elevador-Bolcador.....	29

4.1	Braços Laterals.....	29
4.2	Eix d'unió.....	34
4.3	Braç pivotant	37
4.4	Acoblament	41
5	<i>Càlcul de la picadora.....</i>	44
5.1	Cargol de potència	44
5.2	Cargols sense fi	46
5.2.1	Cargol sense fi d'alimentació	48
5.2.2	Cargol sense fi de treball	52
5.3	Transmissió	54
5.3.1	Transmissió del cargol sense fi d'alimentació	55
5.3.2	Transmissió del cargol sense fi de treball	64
6	<i>Millora del sistema de tall.....</i>	69
7	<i>Càlcul de la bancada per MEF</i>	71
7.1	Condicions de contorn	71
7.2	Resultats	72
8	<i>Estudi econòmic.....</i>	73
9	<i>Impacte ambiental</i>	74
10	<i>Comparativa de la picadora Fernix respecte a les del mercat actual.....</i>	75
11	<i>Aspectes per continuar i/o millorar el projecte.....</i>	76
12	<i>Conclusions</i>	77

Declaració d'honor

Declaro que,

el treball en aquest projecte de fi de grau és completament meu,

cap part d'aquest projecte de fi de grau es pren d'altres persones sense donar-los crèdit,

totes les referències han estat citades clarament.

Entenc que una infracció d'aquesta declaració em deixa subjecte a les accions disciplinàries previstes per part de la Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTECH.

Resum

El projecte consisteix principalment de quatre capítols:

En el capítol 1 s'introdueix breument el procés de fabricació de la carn per embotir-la, una descripció general de les màquines que es poden trobar actualment en el mercat dins d'aquest procés i s'explica quines classes de picadores hi ha i les seves principals característiques. Per acabar aquest capítol es realitza el disseny conceptual de la màquina a dissenyar, proposant diferents opcions a partir de la descripció dels processos principals i considerant tant els principals factors d'influència com els requeriments generals basats en normatives internacionals i els que ha de complir la picadora.

En el capítol 2, tenint com a referència el capítol 1, es realitzarà el disseny mecànic dels principals components dels mecanismes i sistemes que formen la picadora, per després realitzar una simulació d'esforços i deformacions del component que suporta els anteriors per el mètode d'elements finits. La part elèctrica i electrònica no es tocarà, ja que aquest projecte es centre principalment en l'àmbit mecànic.

En el capítol 3 es realitzarà un estudi econòmic per saber el cost que tindrà la picadora i un altre del seu impacte ambiental per així comparar-ho amb les altres picadores analitzades.

Finalment, en el capítol 4, es recomanaran tasques que no s'han pogut solucionar o estudiar a fons en aquest projecte, seguit de les conclusions extretes durant la realització d'aquest projecte.

Objectiu

L'objectiu principal del projecte es basa en tres punts.

El primer objectiu és estudiar i analitzar les diferents màquines que hi ha a la indústria càrnica, per després veure tant els aspectes solvents com els que no ho són tant de la picadora. D'aquesta manera es poden agafar les millors parts de cadascuna per assolir el segon objectiu.

Aquest segon objectiu és aconseguir dissenyar una picadora de carn industrial amb totes les parts necessàries perquè compleixi la feina que ha de fer de manera eficient i complint la normativa.

El tercer i últim objectiu és realitzar una comparació entre la picadora dissenyada i les que hi ha al mercat. També fer un anàlisi econòmic per saber el cost del projecte i la reducció de l'impacte ambiental.

Justificació

Actualment amb la tecnologia que es té disponible, s'han dissenyat molts sistemes que permeten millorar la vida dels éssers humans. Un d'aquests sistemes és l'automatització, la qual permet controlar màquines per fer la feina, que acostumaven a fer les persones, d'una manera més segura i eficient.

Els diferents avantatges d'automatitzar processos on es manipulen aliments són molts, alguns d'ells són l'augment de la producció i rendibilitat dels productes, per tant, l'eficiència de la producció total, estandarditzar el producte per diferenciar-ho de la competència, menys errors, risc laboral mínim, producte més higiènic etc.

Però encara que siguin pocs i surti més a conte automatitzar, també hi han desavantatges, algun d'aquests són la reducció del personal i la dependència casi total de la maquinària.

Aquest projecte de final de carrera sorgeix perquè des de sempre m'ha cridat l'atenció el món de l'enginyeria, concretament el de les màquines. Sempre mirava d'entendre com funcionaven els seus elements, quines peces tenien i perquè estaven col·locades d'aquella manera. De gran m'imaginava construint-ne una.

Us preguntareu perquè he triat una picadora de carn industrial, doncs és simple, el fet de ser un noi que ha crescut en un entorn rural on el motor econòmic són els processats càrnics, ha set un dels motius pel qual el projecte és sobre una picadora industrial. Una altra raó és que dissenyant una picadora industrial, puc aplicar els coneixements adquirits durant aquests anys de carrera, a més a més em podré fer una idea de com es treballa en el món laboral a la hora de dur a terme qualsevol projecte. A més a més la gran part de picadores que es troben en el mercat actualment estan automatitzades.

1 Introducció

En el món de la indústria alimentària es troben diferents aliments que consumim, entre ells hi ha els làctics i els seus derivats, les fruites i vegetals, les carns i altres productes que són de consum massiu.

El projecte a dissenyar es desenvolupa en el grup de la carn, concretament en la carn utilitzada en els embotits. Per presentar els requeriments que es generen en aquest projecte es donarà a continuació una introducció molt general sobre el processament d'embotits càrnics i els paràmetres principals a conèixer per al desenvolupament del projecte.

1.1 Descripció del Procés d'Elaboració de Embotits Càrnics

Els processos principals en el processament d'embotits càrnics es mostren en el diagrama de flux de la figura 1.1.

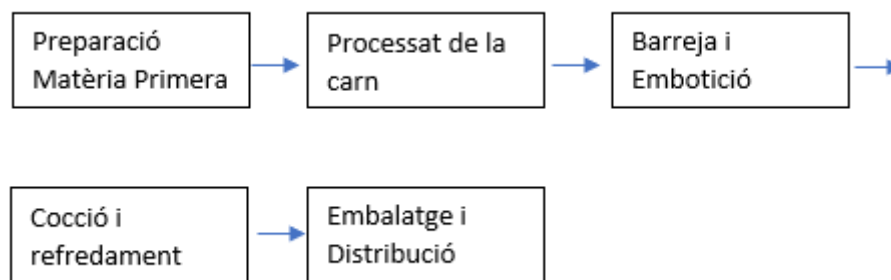


Figura 1.1. Diagrama de flux del procés d'embotició

Font: Font pròpia

L'etapa de preparació de la matèria consisteix en el desossat del producte per separar la carn dels ossos. Un cop el producte s'ha desossat i classificat es procedeix a realitzar el processat de la carn, que pot arribar fresca o congelada, per a aquest procés s'utilitzen diferents màquines segons el tipus d'embotició que vols. En el barrejat primerament es realitza l'addició d'alguns components per elaborar embotits, com poden ser: gel, sal nitrificada, additius, condiments i espècies i d'entre altres components.

Una vegada que es té preparada la matèria primera es procedeix al procés de barrejat. El procés d'embotició es basa principalment en utilitzar embotidores per posar la carn dins dels budells dels animals.

Un cop embotit el producte, es procedeix a l'etapa de cocció, aquest procés es realitza en una càmera i el temps de permanència d'aquest producte varia d'acord al tipus

d'embotit a preparar. En sortir de la cambra de cocció es refreda dins d'una càmera, previ al seu embalatge i distribució del producte al consumidor final.

Atès que aquest projecte s'analitza des del punt de vista de l'Enginyeria Mecànica, només es centrarà en el disseny d'una de les màquines que processen la carn, concretament una picadora industrial. Però abans s'explicarà molt per sobre aquestes màquines que processen la carn.

1.2 Màquines processadores de carn

Actualment en el mercat, existeixen moltes classes de màquines que s'utilitzen per processar la carn ja que aquesta pot requerir diferents processos abans de ser embotida. A continuació es detalla d'una manera breu i general les diferents classes de màquines que es troben en el mercat.

1.2.1 Serra de cinta

La serra de cinta o serra sense fi, mostrada en la figura 1.2, consisteix en una fulla de metall molt flexible, a vegades pot ser dentada, dissenyada per tallar carn congelada. El tall es basa en desplaçar contínuament la peça de carn per la fulla fins a tallar-la completament.



Figura 1.2. Serra de cinta

Font: <https://www.pollast.com/tienda/especies-envases-suministros-para-asadores-y-caterings/sierra-cinta-bc-1800-mainca-carne-huesos-pescado/>

1.2.2 Guillotina

La figura 1.3 es pot veure com és una guillotina per tallar carn. La guillotina es fa servir principalment per treure la grassa i el cuir de la carn, tot i que també s'utilitza per tallar els blocs de carn congelada. El tall es produeix gràcies a que la fulla, accionada per una palanca o hidràulicament, cau i per pressió va tallant a trossos les parts desitjades.



1.3. Guillotina

Font: <https://mx.all.biz/guillotina-g8083>

1.2.3 Talladora de blocs

La talladora de blocs representada a la figura 1.4, talla blocs de carn congelada gràcies a un corró amb fulles intercanviables, permetent variar la mida dels blocs de carn a mesura que va passant per la talladora. És més ràpida que una guillotina.



1.4. Talladora de blocs

Font: <http://www.itepa.com/web/maquinarias-sector-carnico/pastas-finas/cortadora-de-bloques-y-guillotina/>

1.2.4 Picadora

La picadora transporta els trossos de carn cap a un sistema de tall, amb l'ajuda d'un cargol sense fi, on la carn picada té una mida segons les dimensions dels forats per on surt. A la figura 1.5 es mostra com és una picadora.



Figura 1.5. Picadora de carn industrial

Font: <http://www.directindustry.es/prod/paul-kolbe-gmbh-foodtec/product-175566-1762416.html>

1.2.5 Emulsificador

L'emulsificadora, representada a la figura 1.6, té un plat mòbil on s'hi posen els trossos de carn amb grassa i aigua, aquests giren i passen per una sèrie de fulles on és tallada i picada fins formar una pasta o una emulsió de carn.



Figura 1.6. Emulsificador

Font: <https://www.roser-group.com/es/cato/productos/emulsificador-de-pastas-finas.html>

1.3 Característiques i tipus de picadores

Com ja s'ha dit abans, el projecte consisteix en dissenyar una picadora industrial, per tant ara s'explicarà d'una manera més concreta quines classes de picadores hi han al mercat i quines són les seves característiques.

La funció d'una picadora de carn és picar i triturar diferents tipus de carns i, inclòs, peixos o fins i tot verdures ja cuinades. Les picadores poden ser elèctriques o manuals, però totes dues tenen el mateix sistema de funcionament, que es divideix en els sistemes d'alimentació, treball i tall.

El sistema d'alimentació s'encarrega d'introduir la carn dins la picadora, el sistema de treball es cuida de portar la carn a picar fins el sistema de tall i aquest últim és el responsable de tallar i picar la carn per poder utilitzar-la amb les condicions idònies.

La diferència que hi ha entre aquests dos tipus de picadores, és que la picadora elèctrica porta un motor incorporat, el qual posa a funcionar el sistema de treball de forma automàtica, en canvi la manual té una maneta que fa funcionar el sistema de treball de manera manual. En la figura 1.7 es pot veure l'aspecte d'una picadora manual i d'una elèctrica.



Figura 1.7. Picadora manual i elèctrica

Font <https://picadorasdecarn.es/comparativa-picadoras-carne-mas-vendidas/>

Una diferència també important és el tipus d'utilitat que se li vol treure a la picadora, és a dir, si vols produir carn només pel teu consum propi o si la vols produir encarant-t'ho com un negoci. Aleshores es troben les picadores casolanes i les industrials.



Figura 1.8. Picadora fulles de got

Font <https://picadorasdecarne.es/comparativa-picadoras-carne-mas-vendidas/>

Les picadores casolanes poden ser tant elèctriques com manuals i les seves dimensions estan pensades per no ocupar gaire espai dins la cuina. Com que les fulles no són molt resistents, la carn sempre ha d'estar fresca. Dins la família de les picadores casolanes, es poden trobar dos classes, les de fulles horitzontals i les de fulles verticals. El sistema d'alimentació de les dues és el mateix, la persona introdueix la carn amb les seves pròpies mans dins una petita tremuja, en canvi tant el sistema de treball com el sistema de tall és diferent. En la picadora amb fulles horitzontals, el sistema de treball es compon d'un cargol sense fi petit que empeny la carn cap el sistema de treball, el qual està format per fulles en forma d'hèlix i una placa metàl·lica amb forats, els quals depenent de la seva mida determinaran el gruix de la carn picada d'una manera homogènia. Per altre banda, les picadores amb fulles verticals, el seu sistema de treball és simplement deixar caure la carn fins al fons, on es troba el sistema de tall que només està format per les fulles de got, amb les quals si no tens cura pots arribar a fer puré la carn en comptes de picar-la, ja que no controles d'una manera homogènia el gruix. La figura 1.8 mostra la picadora amb fulles de got, amb la de forma d'hèlix es pot veure a la figura 1.7.

Les picadores industrials tenen la mateixa estructura que una picadora casolana amb fulles horitzontals, les diferències principals són: totes són elèctriques ja que es busca una producció alta, la mida de la picadora és molt més gran que la manual per aconseguir aquesta alta producció, la carn pot ser tant congelada com fresca, el sistema d'alimentació generalment és automàtic, per evitar així que les persones que treballin amb ella no posen en risc la seva seguretat personal, en el sistema de treball poden haver-hi més de dos cargols sense fi per augmentar la quantitat de carn que es pot picar i inclòs un eix amb pales per poder barrejar diferents classes de carn, finalment el sistema de tall consta de diferents sets de tall on les plaques metàl·liques tenen mides de forat diferents per així tenir una àmplia varietat del producte. La figura 1.5 mostra un tipus de picadora industrial de carn.

1.4 Comparació de picadores industrials dins el mercat actual

A la hora de dissenyar la picadora, s'han analitzat a diferents companyies que es dediquen al disseny i fabricació de picadores industrials, per així poder veure i comparar les diferents parts i identificar quines són les millors i les pitjors de cada una. Aquestes companyies són: Seydelmann, Laska, Mepaco, Mado, Biro i CastellVall.

Per realitzar aquesta comparació s'ha tingut en compte els següents factors: el sistema d'alimentació, el de treball, el de tall, la producció, la higiene, el rendiment, la senzillesa del disseny i la potència.

1.4.1 Picadores Seydelmann

Les picadores Seydelmann tenen el millor sistema de treball comparat amb les altres perquè el seu sistema es basa en dos cargols sense fi col·locats perpendicularment entre si, augmentant d'aquesta manera les dimensions de la tremuja i compensant la pèrdua de productivitat que provoca el baix rendiment que tenen aquestes picadores a causa d'utilitzar una transmissió per corretges, les quals no són tant fiables com les transmissions per cadena o amb engranatges. La figura 1.9 mostra una imatge d'aquesta.



Figura 1.9. Picadora Seydelmann

Font: <https://www.seydelmann.com/es/>

1.4.2 Picadores Laska

Pel que fa les picadores Laska, també utilitzen el mateix sistema de treball anteriorment mencionat, fent que augmenti la productivitat. A més a més, aquestes picadores es caracteritzen per la capacitat d'extreure els dos cargols sense fi, amb la gran avantatge de que la higiene de la picadora augmenti. El problema d'aquestes picadores és la

complexitat, ja que utilitzen sistemes hidràulics per extreure els cargols fent que es necessiti més potència. A la figura 1.10 es pot veure una picadora Laska.



Figura 1.10. Picadora Laska

Font: <http://www.grupoemex.mx/catalogo/producto/molino-picadora-ww-160-ww-200-ww-280-wwb-200-y-wwb-300/>

1.4.3 Picadores Mepaco

El principal avantatge de les picadores Mepaco, és la capacitat de poder intercanviar els sets de tall que s'utilitzen. Això ajuda a arribar a diferents sectors de la indústria càrnica pel fet d'oferir el producte al gust del client. El problema d'aquesta picadora és que utilitza materials que no ajuden a la hora de netejar la picadora un cop ja s'ha picat la carn, provocant que en usos posteriors la qualitat de la carn no sigui el millor. Es pot veure a la figura 1.11 una picadora Mepaco.



Figura 1.11. Picadora Mepaco

Font: <https://www.eurocarne.com/novedades-fichas/id/439/kw/Mepaco%3A+Nueva+picadora>

1.4.4 Picadores Mado

El sistema d'alimentació que utilitzen les picadores Mado és el millor en comparació a les altres. Aquest sistema utilitza un braç extern per alimentar la picadora, cosa que en altres s'utilitza un braç incorporat directament a la picadora, el qual és més inestable i perillós. El problema és que al utilitzar un braç independent és la necessitat de tenir un motor més per poder fer-ho funcionar. Es pot veure a la figura 1.12 una picadora Mado.



Figura 1.12. Picadora Mado

Font: <http://www.solutiost.com/project/picadoras-industriales-mado-mew-727-728-732-742-744/>

1.4.5 Picadores Biro

La picadora Biro es caracteritza principalment per tenir un disseny molt senzill, amb el qual ajuda a que el manteniment i neteja de la picadora sigui fàcil i ràpid. El problema que té aquesta picadora al tenir un disseny senzill, és que la producció de carn es veu afectada pel fet de que el sistema de treball no és suficientment eficient, ja que utilitza només un cargol sense fi per portar la carn al sistema de tall. Es pot veure a la figura 1.13 una picadora Biro.



Figura 1.13. Picadora Biro

Font: <https://mitmaq.com/biro.html>

1.4.6 Picadores CastellVall

Finalment les picadores CastellVall tenen la relació potència-rendiment més favorable, ja que el tipus de transmissió que utilitzen és la d'engranatges rectes ja que la distància del eix del cargol sense fi i el motor és petita. El problema és que al tenir els components com el motor tant a prop de la carn, la qualitat d'aquesta es veu afectada pel possible augment de la seva temperatura i el contacte amb materials no higiènics. Es pot veure a la figura 1.14 una picadora CastellVall.



Figura 1.14. Picadora CastellVall

Font: <http://www.castellvall.com/es/picadoras-automaticas/>

1.4.7 Resum dels factors analitzats

A continuació la taula 1.1 mostra d'una manera simplificada quin factor és el millor i quin el pitjor de les picadores de cada companyia analitzada.

Taula 1.1. Comparació factors de les picadores de cada companyia

Fabricants	El Millor	El Pitjor
Seydelmann	Sistema de treball	Rendiment
Laska	Higiene i Productivitat	Senzillesa
Mepaco	Sistema de tall	Higiene
Mado	Sistema d'alimentació	Potència
Biro	Senzillesa	Productivitat
CastellVall	Potència	Higiene

Font: Font pròpia

Aquests resultats s'utilitzaran per dissenyar la picadora ideal. La picadora tindrà les parts que conformen el millor de cada picadora comparada i s'arreglaran les parts dels factors

considerats per a les picadores de cada companyia. D'aquesta manera s'aconseguirà tenir el millor de totes les picadores en una.

2 Disseny Conceptual

2.1 Normatives Tècniques per a la Indústria Alimentària

Hi ha diverses normes de qualitat per al processament d'aliments, però de forma internacional una de les més conegudes és la ISO 22000¹.

L'ISO 22000 és un estàndard internacional, desenvolupat per l'Organització Internacional de Normalització sobre la seguretat alimentària durant el transcurs de tota la cadena de subministrament, perquè es garanteixi al consumidor el seu perfecte estat. Per aconseguir-ho, s'han de complir una sèrie d'objectius:

- Assegurar la protecció del consumidor i enfortir la seva confiança.
- Reforçar la seguretat alimentària.
- Fomentar la cooperació entre les indústries i els governs.
- Millorar el rendiment dels costos al llarg de la cadena de subministrament alimentària.

D'aquesta manera, si es compleixen els objectius, l'empresa pot garantir que els productes que subministra compleixen amb els requisits dels seus clients, així com els requisits reglamentaris que els són d'aplicació en matèria de seguretat alimentària.

2.2 Requeriments Generals

Els requisits que ha de complir la picadora per complir amb el procés de la carn, són els següents:

- Ha de ser capaç de picar carn congelada o semi-congelada. És important tenir unes fulles de tall suficientment dures i resistents perquè no es deformin, ja que en la indústria càrnica la carn generalment sempre està congelada perquè es conservi bé.
- Muntatge i desmuntatge fàcil amb bona accessibilitat als llocs on s'ha de fer el manteniment. És evident que com més es faciliti el muntatge i desmuntatge d'una màquina per els tècnics responsables, menys cost econòmic tindrà muntar-la, reparar-la en cas d'avaria i avanç es posarà en funcionament.
- La carn ha d'estar a una temperatura entre 4°C a -20°C mes o menys.
- Els blocs de carn congelada han de tenir unes dimensions màximes de 800x600x400 mm. Si les dimensions dels blocs de carn fossin superiors, la quantitat total que es pot posar dins la tremuja seria inferior i per tant la producció de carn seria inferior. Per això

¹ Normativa ISO 22000 <http://www.eurocarne.com/daal/a1/informes/a2/iso22000.pdf>

s'estableix unes dimensions màximes tot i que es poden superar. Només és una recomanació.

- Ha de permetre diferents mides de carn picada. Serà de gran utilitat tenir un set de fulles de tall intercanviable per poder escollir les dimensions de la carn segons el client
- La seva producció s'ha de comprendre entre 5000 kg/h – 6000 kg/h.
- Moure la matèria primera d'una manera còmode i segura cap al sistema d'alimentació i cap a la següent estació després d'haver set picada.

2.3 Factors d'influència

Un cop es saben quins són els requeriments s'ha de realitzar una anàlisi previ per determinar quins són els factors que influeixen el disseny. Els principals factors d'influència que s'han de considerar per aquest disseny són: la corrosió, la resistència, utilitat, mida, manteniment i tant la seguretat alimentària com la física.

Com que s'han de manipular aliments, es requereix que per a la construcció de la màquina, el material que s'utilitzi no s'oxidi, a la hora, aquest material ha de ser prou resistent com per aguantar les forces com per exemple la torsió, la compressió o la tracció d'entre moltes més. A més a més, la utilitat del disseny ha de permetre facilitar a l'operari l'execució de la seva feina, ser dissenyada d'acord a la classe de treball i el lloc on s'utilitza i que els seus elements siguin de fàcil accés, que es puguin reemplaçar ràpidament i que la seva neteja sigui el més senzill possible.

Per els factors de seguretat alimentària s'utilitzarà la normativa internacional ISO 22000 esmentada anteriorment, concretament la normativa ISO 9000. Aquesta normativa determina que hi ha d'haver el mínim de contaminació creuada com pot ser la manipulació inadequada dels components i el material que contindran la matèria primera. Per aquesta raó es considera que el material que es troba en contacte amb la matèria primera ha de complir aquesta norma. Els factors de seguretat física també utilitzaran la normativa ISO 22000. Per a això l'element dissenyat ha de garantir la seguretat física del personal que es troba treballant en l'àrea on es troba l'element.

2.4 Propostes de disseny

Donats els factors d'influència explicats d'una forma general en l'apartat anterior i considerant el millor de les picadores de cada companyia analitzada, es proposen algunes alternatives per el disseny de la picadora, on aquests factors d'influència es tindran presents per poder seleccionar el millor disseny.

2.4.1 Material dels elements en contacta amb l'aliment

Pel disseny de tots els elements que estiguin en contacta amb l'aliment, no només s'ha tenir en compte les dimensions i les forces, sinó també la normativa ISO 22000.

Per tant necessitem un material que no contami a l'aliment i que tingui una elevada resistència a la corrosió, per evitar la seva oxidació. El material que s'utilitzarà per fabricar aquestes peces serà l'acer inoxidable. Aquest tipus d'acer és el més indicat al presentar les següents característiques:

- Elevada resistència a la corrosió.
- Superfície totalment compactada.
- Elevada resistència a xocs i tensions mecàniques.
- Elevada resistència a variacions tèrmiques.
- Absència de recobriments de fàcil deteriorament.
- No aporta partícules per despreniment.
- Òptima capacitat de neteja i per tant, elevat grau d'eliminació de bacteris.

Però dins els acers inoxidables existeixen diferents famílies, les quals depenen de la quantitat i composició que els forma. Aquestes famílies són: els acers inoxidables martensítics, austenítics, ferrític, dúplex i austenítics amb manganés. Però els més utilitzats en la construcció són l'austenític, el ferrític i el dúplex. La figura 1.15, mostra la composició d'aquests tres acers inoxidables.

Com que el níquel és un element que millora la resistència a la corrosió i mirant a la figura 1.15, el material seleccionat serà un acer inoxidable austenític corresponent a la sèrie S300, concretament l'acer AISI 304.

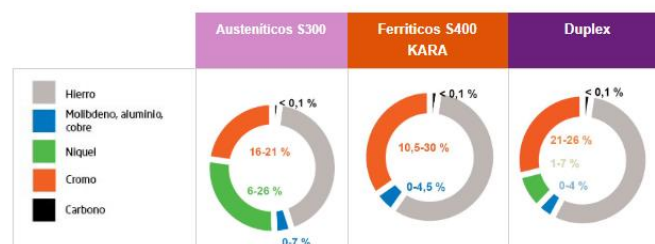


Figura 1.15. Composició dels tipus d'acers inoxidables

Font: <http://www.uginox.com/es/node/941>

2.4.2 Descripció general

El disseny de la picadora estarà format principalment per els sistemes que la fan funcionar.

El primer és el sistema d'alimentació, on s'ha explicat anteriorment quina és la seva funció principal. S'han proposat dues opcions: cinta mecànica i elevador-bolcador.

El segon és el sistema de treball, que també s'ha explicat en apartats anteriors quina és la seva funció principal. S'han proposat dues opcions: Sistema de Treball Recte i Sistema de Treball Angular.

El tercer és el sistema de tall, que com en les altres parts ja s'ha explicat el seu funcionament. S'han proposat dos opcions: Sistema fixe, Sistema intercanviable.

Aquestes sistemes tindran elements que dependran d'elles, les quals són el cargol sense fi, la transmissió, el motor i la bancada. Els cargols sense fi dependran de la capacitat de matèria primera que tindrà la bancada i el tipus de sistema de treball i tall, la transmissió es veurà condicionada pel tipus de sistema de treball, el motor serà diferent segons la transmissió dissenyada i finalment la bancada dependrà de totes les parts anteriorment mencionades.

A continuació es desenvoluparan aquestes propostes explicant les seves característiques principals i els avantatges i desavantatges que poden tenir.

2.4.3 Sistema d'alimentació

2.4.3.1 Cinta transportadora

La primera proposta és la utilització d'una cinta mecànica, mostrada a la figura 1.16. La seva funció és transportar la matèria primera fins el lloc corresponent i deixar-la caure dins la picadora. El funcionament d'una cinta transportadora consisteix en el moviment continu d'un objecte sobre una banda o cinta fins arribar el seu punt de destí, aquesta cinta va muntada sobre unes plataformes de dimensions variables i que poden tenir diferents tipus d'accessoris (guardes laterals, topalls, desviadors, baranes, rodes i accessoris pneumàtics o mecànics). La velocitat i capacitat de càrrega dependran tant de les característiques del material a desplaçar com del tipus de cinta transportadora. Es divideix en tres parts: la cinta o banda, la transmissió i l'estructura.

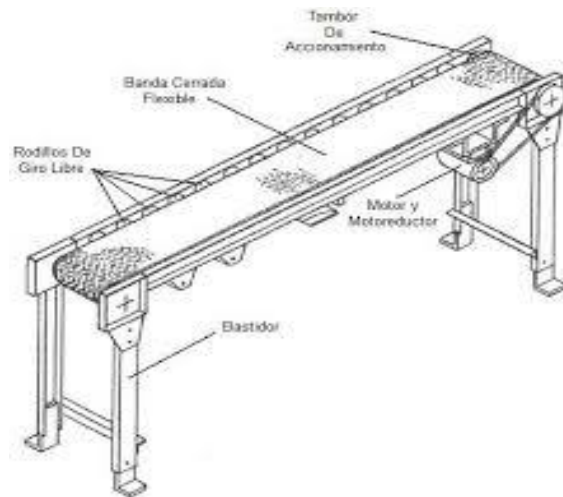


Figura 1.16. Cinta transportadora

Font: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/10563/1/100.pdf>

El material de la cinta, segons la utilització que se li vulgui donar, pot ser tela engomada, derivats del cautxú o de bandes modulars plàstiques (PVC, poliamida, polièster...). En la composició o estructura de la banda poden variar el nombre de capes i les diferents qualitats de revestiment segons el seu ús en cada tipus d'indústria.

L'amplada i el gruix de les cintes poden variar segons la capacitat de càrrega i la seva superfície pot presentar relleus i angles d'inclinació per evitar que els productes caiguin. La figura 1.17 mostra un cinta feta de plàstic i una engomada amb superfícies diferents.



Figura 1.17. Cinta de plàstic i Cinta engomada

Font: <http://www.nanotec.es/comienzo-las-cintas-transportadoras-banda/>

La transmissió es divideix en els tambors i motors. Els tambors són els rodets que, amb el seu gir, provoquen que la cinta avanci gràcies a la fricció que es produeix entre ells o per pinyons i bandes dentades. A la cinta hi ha tres tipus de tambors, el tambor motriu és on va el motor, el tambor de reenviament farà que la banda torni cap a la part superior i els tambors d'inflexió es situen a la part inferior de la banda, concretament a

la sortida del tambor motriu i a l'entrada del tambor de reenviament per així poder modificar l'angle de sortida i entrada a aquests.

Segons la localització del tambor motriu podem trobar el motor en el capçal, d'una manera frontal o central. La potència i característiques del motor dependran del tipus de cinta transportadora i l'ús que se li vulgui donar.

Per últim, l'estructura consisteix en bastidors sobre els quals s'hi col·loca la banda transportadora, estan formats per materials metàl·lics (acer, acer inoxidable, etc.). Aquesta pot variar en longitud, alçada i forma, així com permetre l'accés per a la manipulació d'operaris sobre el material transportat. Sobre l'estructura s'acoblaran i muntaran tots els elements principals de la cinta així que ha de ser resistent i proporcionar fiabilitat i durabilitat.

El gran avantatge que té utilitzar una cinta transportadora, és l'alimentació continua de la matèria primera, carn en aquest cas, això permet que la picadora estigui treballant durant més temps i per tant la producció sigui elevada, a més a més, permet a l'operari reduir la seva càrrega de treball. Un altre punt fort és l'adaptabilitat del sistema a la picadora.

Però també té inconvenients, pot ser que la carn es contamiï amb els elements mecànics de la cinta que no compleixen la normativa ISO 9000 o en el medi on es treballa, la mala distribució de l'espai de treball obliga a tenir disponible un lloc suficientment ample on pugui cabre i impedeix que puguin haver-hi més d'una màquina i inclús pot arribar a ser perillós per l'operari, ja que pot existir la possibilitat de que es quedi enganxat a la cinta.

2.4.3.2 Elevador-Bolcador

La segona proposta és un elevador-bolcador, la seva funció és introduir la carn dins la picadora. El seu funcionament consisteix en col·locar el carro en un braç dissenyat perquè encaixi amb ell, aquest braç, gràcies a un cargol de potència, pujarà fins al punt més alt de la picadora on es troba la tremuja i amb l'ajuda de la guia de pivot, el carro bolcarà i introduirà la carn dins la picadora. Aquest sistema es pot dividir en dos parts principals: el braç i el cargol de potència.

El braç estarà format per dos braços laterals, un eix que els uneix i un braç pivotant que s'encarregarà de donar la volta per bolcar el carro, el seu material depèn de la classe de producte que es tingui i del ús que se li vol donar (acer, acer inoxidable, ferro, plàstic, etc.), ja que serveix per a qualsevol indústria que necessiti elevar i bolcar algun producte. Aquests braços s'uneixen al cargol de potència gràcies a un acoblament i amb l'ajuda d'un pivot incorporat al braç pivotant, facilita la rotació quan arriba al lloc on es troba la guia de pivot.

En quan el cargol de potència, generalment el material emprat per fabricar-lo, és l'acer ja que és resistent al desgast i se li pot donar bones característiques de maquinat i un bon tractament tèrmic. Un cargol de potència principalment s'utilitza per convertir un moviment angular o de gir, en un moviment lineal o de translació. Aquest principi, si es porta en el cas d'un elevador-bolcador, consisteix en fer girar el cargol de potència gràcies al motor i la transmissió, al fer-lo girar la femella col·locada tant a l'acoblament com en el cargol, recorre una longitud de circumferència igual al perímetre del cargol i es trasllada verticalment una distància igual al pas del cargol, això permet que l'acoblament i per tant el braç, pugin o baixin segons el sentit del gir. Una guia en forma de tub, ajudarà a fer aquest desplaçament vertical per assegurar que sigui completament recte.

Els avantatges que té són l'aprofitament de l'espai de treball, ja que l'espai que ocupa és bastant petit i permet que hi hagin més d'una màquina al mateix lloc, el fet de que l'operari només ha de portar el carro fins l'elevador, fa que el risc d'accidents sigui mínim i el més important és que la contaminació de la matèria primera és inexistent ja que el contacte amb els elements mecànics que no compleixen la normativa ISO 900, seria inexistent.

Els desavantatges que pot arribar a tenir són la quantitat de carn que pot produir al llarg del dia, ja que l'alimentació d'aquesta no és continua i la part de disseny es complicaria perquè s'hauria d'adaptar el disseny de la picadora al del elevador-bolcador.

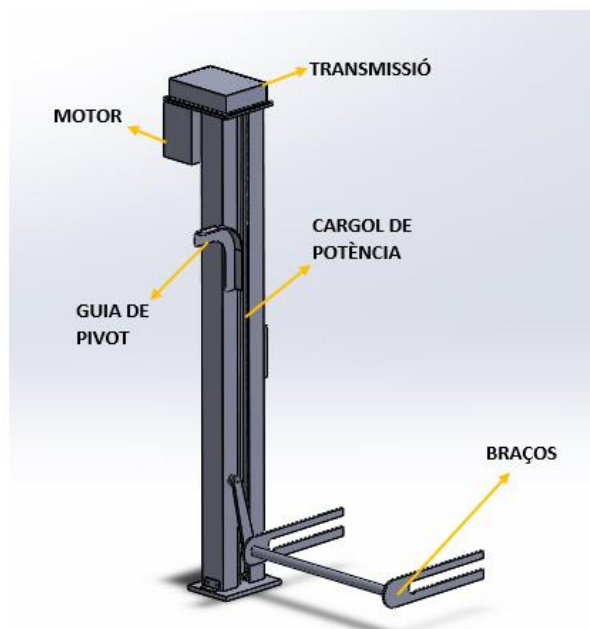


Figura 1.18. Elevador-Bolcador

Font: Font pròpia

2.4.4 Sistema de treball

2.4.4.1 Sistema de treball recte

El sistema de treball recte, mostrat a la figura 1.19, consisteix en dos cargols sense fi, un d'alimentació i l'altre de treball, aquest últim estarà al davant del d'alimentació. A l'entrada de la matèria primera, carn, hi haurà el cargol sense fi d'alimentació, ja que haurà de ser capaç de portar la carn cap a la part coberta on es trobarà el cargol sense fi de treball, el qual empenyerà la carn cap al sistema de tall. Com que estaran en contacte amb l'aliment, el material que s'utilitzarà és l'acer inoxidable AISI 304.

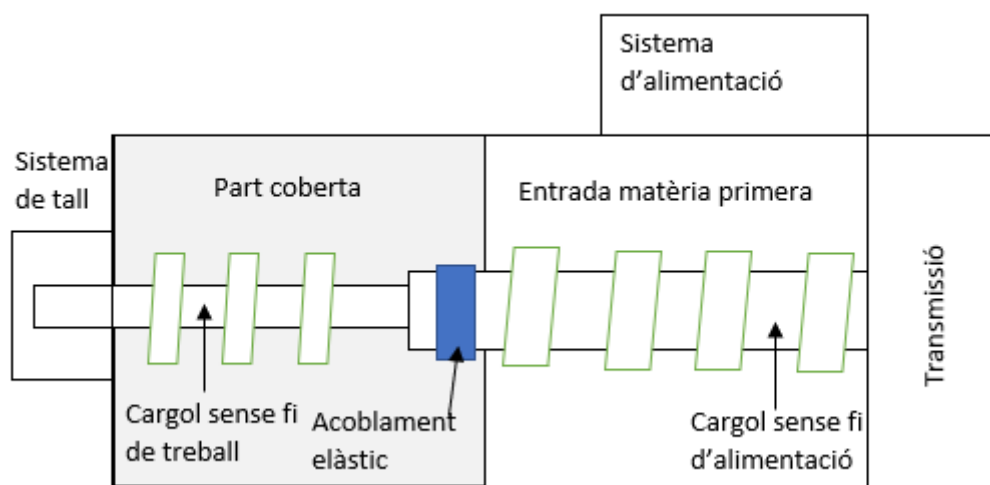


Figura 1.19. Sistema de treball recte

Font: Font pròpia

El cargol d'alimentació serà el que tindrà la transmissió connectada directament, ja que la seva extracció de la picadora seria complicada, a més a més, el fet de ser l'encarregat d'alimentar i tenir acoblat el cargol de treball és l'única opció viable on tenir la transmissió. Per facilitar el manteniment de la picadora, l'accés a la transmissió estarà a la part posterior de la picadora i el cargol de treball estarà acoblat al d'alimentació amb un acoblament elàstic de disc, els quals permeten l'extracció fàcil del element acoblat, fent que hi hagi una neteja més a fons de la picadora. Aquests tipus d'acoblament absorbeixen les irregularitats del par, accepten diferències i desalineacions entre els eixos, permeten una construcció més lleugera i el més important és que suprimeixen possibles tensions d'un acoblament rígid amb les mateixes condicions.

La transmissió serà la de tipus cadena-pinyó, ja que és la millor opció per aplicacions on la distància entre els eixos de transmissió sigui considerable, el par que ha de transmetre sigui gran i la velocitat de gir dels eixos de transmissió estigui entre un rang mig i baix.

El sistema de tall estarà girant juntament amb el cargol de treball, ja que l'extrem no acoblat de l'eix del cargol de treball, permetrà als elements que formen el sistema de tall la seva introducció al llarg de l'eix, fent que aquests també es puguin extreure de la picadora.

En aquest tipus de sistema el principal punt a favor que té, és la simplicitat del disseny, es pot veure en el sistema de transmissió que farà moure aquests cargols sense fi ja que com els dos estan en el mateix eix de treball només es necessitaria un motor per transmetre la potència col·locant un acoblament entre els dos cargols. Com ja s'ha mencionat abans, la neteja i el manteniment.

El punt en contra que té aquest sistema és en la quantitat de carn que hi pot cabre dins la picadora i per tant en la producció que pot fer. Això passa perquè si volguéssim que la picadora produís una certa quantitat de carn al dia tindríem d'augmentar les dimensions de la picadora ja que els cargols sense fi van un darrere l'altre i això no tindria gaire eficiència a causa de que s'hauria d'augmentar les dimensions de totes les parts que conformen la picadora i faria que el cost augmentés considerablement. Per últim, el fet de tenir la transmissió gairebé al costat de la carn, farà que aquesta al ser introduïda dins la picadora, al estar tan a prop d'on es troba el motor que acciona la transmissió, tot i el fet de que moure la carn aquesta s'escalfi, fa que aquest augment de temperatura sigui més ràpid i per tant aquesta sigui més tendra, provocant que el posterior tall no sigui tan eficient.

2.4.4.2 Sistema de treball angular

El sistema de treball angular, mostrat a la figura 1.20, consisteix en dos cargols sense fi que formen un angle recte, el cargol d'alimentació estarà a la part on entra la matèria primera, carn, ja que haurà de ser capaç de portar-la cap a la part coberta on es trobarà el cargol de treball que empenyerà la matèria primera cap al sistema de tall.

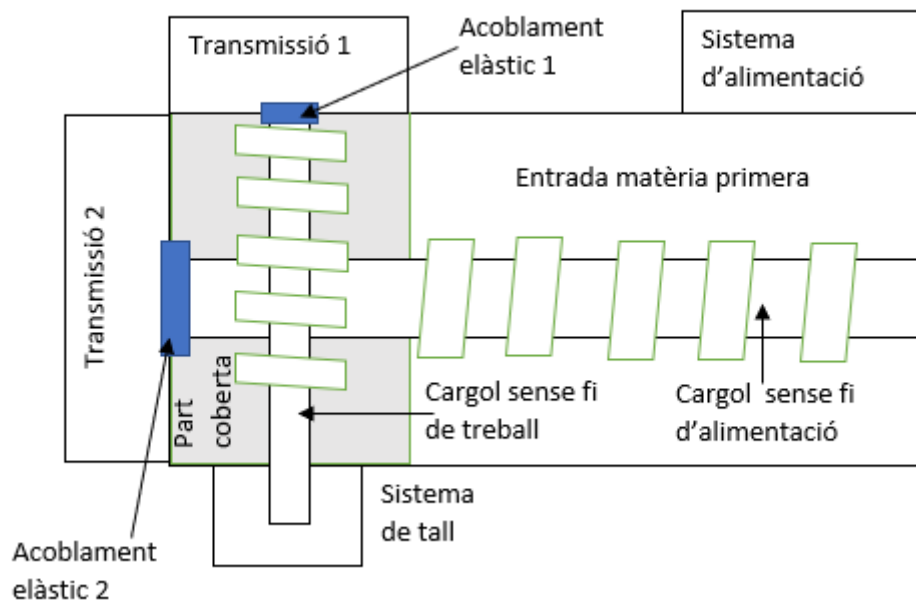


Figura 1.20. Sistema de treball angular

Font: Font pròpia

Tant el cargol d'alimentació com el de treball tindran la transmissió connectada indirectament, ja que la seva extracció de la picadora és bastant senzilla, aquesta connexió indirecta la permetrà un acoblament elàstic entre cada transmissió i cargol, de manera que els dos es puguin extreure de la picadora. Per facilitar el manteniment de la picadora, l'accés a les transmissions estaran a la part posterior de la picadora i a un lateral del sistema de treball. Al ser possible l'extracció dels dos cargols, la neteja de la picadora serà pràcticament impol·luta.

La transmissió serà la de tipus cadena-pinyó, ja que és la millor opció per aplicacions on la distància entre els eixos de transmissió sigui considerable, el par que ha de transmetre sigui gran i la velocitat de gir dels eixos de transmissió estigui entre un rang mig i baix.

El sistema de tall estarà girant juntament amb el cargol de treball, ja que l'extrem no acoblat de l'eix del cargol de treball, permetrà als elements que formen el sistema de tall la seva introducció al llarg de l'eix, fent que aquests també es puguin extreure de la picadora.

El principal punt a favor que té aquest sistema és l'aprofitament de l'espai, com que els dos cargols sense fi formen un angle recte entre ells això permet que la part de l'entrada de matèria primera sigui molt més gran i per tant que la quantitat de carn que es produeixi durant el dia sigui més elevada respecte al sistema recte. També permet que les dimensions de la parts de la picadora siguin més petites i el cost econòmic es vegi

reduït i al tenir lluny les transmissions, per tant els motors, del lloc on s'introdueix la carn dins la picadora, fa que no s'escalfi tant ràpidament i així ajuda a que la qualitat del tall sigui més alta.

El desavantatge que tindria seria que a la hora de dissenyar el sistema de transmissió per transmetre la potència en els eixos sigui més complicada ja que els dos cargols sense fi no es troben en els mateixos eixos de treball i podria passar que la eficiència del sistema es veiés afectada negativament si només es volgués utilitzar un motor o que al utilitzar dos motors per accionar les transmissions, es gastí més energia.

2.4.5 Sistema de tall

Abans de proposar les opcions pel sistema de tall, s'ha d'aclarir que totes les opcions treballen de la següent manera.

Com ja s'ha dit anteriorment el sistema de treball girarà juntament amb el cargol de treball, això serà gràcies a que els elements que formen el sistema de tall, fulles i plaques metàl·liques, tinguin un diàmetre de forat igual al del eix del cargol de treball. La part important a tenir en compte és el fet de que les fulles seran les úniques en girar, ja que els plats aniran sobre l'eix que sobresurt de les fulles i tindran una petita entalla que coincidirà amb el relleu que sobresurt de la boca de la picadora, impedit el gir de les plaques. El conjunt es fixarà amb una rosca que anirà a la boca de la picadora. Per finalitzar, per protegir als operaris de la boca de la picadora, aquesta tindrà una tapa de protecció soldada a la bancada.

2.4.5.1 Set Enterprise

A la figura 1.21, es pot veure com és un set Enterprise, el qual és el més senzill de tots, està format per una fulla amb forma d'hèlix més una placa d'extrusió, les plaques d'extrusió poden arribar fins a un diàmetre de 98 mm i els diàmetres dels forats fins a 8 mm. Si els forats passen dels 8 mm per normativa s'haurà de implementar una protecció a la boca per si algú posa els dits. El material amb el qual està fet el set compleix la normativa ISO 900. Aquesta classe de set està dirigit a les picadores casolanes.



Figura 1.21. Set Enterprise

Font: <https://horeca360.es/blog/picadoras-de-carne-tipos-de-corte/>

2.4.5.2 Set Unber

El set Unber és el mateix que el Enterprise, la diferència es troba en el nombre de fulles i plaques d'extrusió que s'utilitzen. Hi ha dos classes, la de doble tall formada per dos plaques, una de pretall per facilitar el picat de la carn i l'altra de tall on la carn surt picada amb un gruix determinat i després es té la de triple tall, la qual està formada per tres plaques, dos de pretall i una de tall, i per dos fulles. Aquesta classe de set està enfocada perquè l'utilitzin picadores industrials. Es pot trobar el cas que hi hagin de quintuple i sèptuple tall. El material amb el qual està fet el set compleix la normativa ISO 900 i ajuda a no augmentar la temperatura del producte. Aquesta classe de set va dirigit per les picadores industrials. La figura 1.22 mostra un set Unber.



Figura 1.22. Set Unber

Font: <https://horeca360.es/blog/picadoras-de-carne-tipos-de-corte/>

2.5 Decisió final

Havent vist les diferents propostes, cadascuna amb els seus punts forts i febles, i veient els requeriments i factors d'influència, es decideix que:

El sistema d'alimentació elevador-bolcador ofereix les millors prestacions en quant a seguretat, salut del producte i comoditat, tot i que per la banda de disseny planteja un major repte i la producció es veurà reduïda, és la proposta que s'adapta més.

El sistema de treball angular, encara que també dificulti el disseny, ajuda a compensar la pèrdua de producció que es produeix amb l'elevador-bolcador i tenint un grau de neteja i qualitat de producte més gran que el sistema de treball recte, serà l'escollit.

Per últim el sistema de tall Unber permet que la carn picada tingui una ampla varietat de mides, a més a més ajuda a la qualitat final del producte reduint l'augment de la temperatura que agafa durant el procés.

3 Descripció del disseny final

Un cop escollides les parts que formaran la picadora ideal, que s'anomenarà Fernix, el seu funcionament serà el següent:

Dins un carro contenidor hi haurà la matèria primera, un operari portarà i col·locarà el carro contenidor als braços de l'elevador-bolcador, prement un botó situat a la bancada del l'elevador-bolcador, aquest l'agafarà i el pujarà verticalment fins que arribi una mica més amunt de la tremuja de la picadora, després deixarà caure la matèria primera. Un vegada ha finalitzat, l'operari haurà de tornar prémer el botó perquè els braços tornin al seu lloc inicial, aquest elevador-bolcador tindrà un motor independent als de la picadora per accionar el sistema.

Un cop la matèria primera estigui dins la picadora, l'operari haurà de prémer un botó, que estarà a la bancada de la picadora, el qual posarà a funcionar el sistema de treball on el cargol sense fi d'alimentació portarà la matèria primera fins al cargol sense fi de treball el qual s'encarregarà de empènyer cap al sistema de tall, tot això gràcies a dos motors que accionarà la transmissió amb la qual els cargols sense fi es mouran. Al final aquesta arribarà a la boca de la picadora, protegida per una tapa per evitar que les mans es puguin introduir dins la boca i així evitar danys físics. Un cop tota la carn picada hagi sortit de la boca, un carro l'agafarà i l'operari se l'emportarà.

Per ajudar a netejar correctament la picadora els dos cargols sense fi es podran extreure conjuntament amb el sistema de tall de la picadora. D'aquesta manera es podran netejar de manera separada tant la picadora com els elements extrets. Els elements extrets es col·locaran en un carro el qual facilitarà la seva neteja.

Pel que fa a la picadora, hi haurà un petit forat a la zona del cargol de treball per on caurà l'aigua acumulada a la picadora a causa de la neteja.

4 Càlcul del Elevador-Bolcador

A la hora de dissenyar l'elevador-bolcador, tot i que té molts elements a calcular, només ens centrarem en les tres parts més importants, aquestes parts són: el braç que agafarà el carro contenidor, l'acoblament per pujar els braços i el cargol de transmissió. El material que s'utilitzarà per fabricar aquestes peces serà acer inoxidable.

4.1 Braços Laterals

Són els encarregats de suportar el pes del carro per poder pujar-lo. La força que haurà de suportar és el pes del carro elevador més la matèria primera (300kg), aquesta força serà repartida al llarg de tot el braç (q). La figura 2.1 mostra la forma dels braços. Per facilitar els càlculs, es planteja el braç com si fos un voladís ja que només està subjectat per l'eix d'unió per una de les seves bandes,



Figura 2.1. Braç lateral

Font: Font pròpia

Plantejant-ho com un voladís amb les seves reaccions i tenint com a carga el pes de 300 kg que es dividiria a la meitat, 150 kg, degut a que el suporten dos braços, serien 1471,5 N/m i suposant $L=500$ mm i $X=50$ mm, podrem trobar el seu tallant i el seu flector en l'eix x . La figura 2.2, representa amb un diagrama de cos lliure, un dels braços laterals en forma de voladís i amb les forces i reaccions que té.

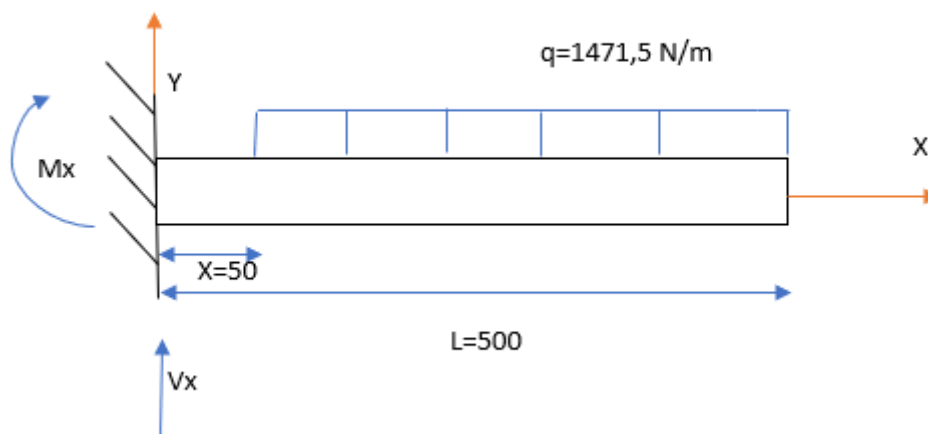


Figura 2.2. Diagrama cos lliure braços laterals

Font: Font pròpia

Si s'aplica la teoria de resistència de materials es té:

Equació 1

$$\sum F = 0 \quad V_x = q \times (L - X) = 1471,5 \times (0,5 - 0,05) = 662,18 \text{ N}$$

Equació 2

$$\sum M = 0 \quad M_x = q \times \frac{(L^2 - X^2)}{2} = 1471,5 \times \frac{(0,5^2 - 0,05^2)}{2} = 182,1 \text{ Nm}$$

Ara un cop calculades les reaccions, es suposa que la forma del braç on es recolza el pes sigui rectangular amb una altura de 50 mm i 10 mm d'espessor. Amb aquestes dades podrem calcular l'esforç flector que pateix el braç en l'eix x. On I_x és la inèrcia que es produeix en l'eix x i y és l'altura des del centre de gravetat del cos que pateix aquesta inèrcia.

Equació 3

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 10 \times 50^3 = 104166,6 \text{ mm}^4$$

Equació 4

$$\sigma_z = \sigma_x = \frac{N}{A} + \frac{M_x \times y}{I_x} - \frac{M_y \times x}{I_y} = \frac{182100 \times 25}{104166,6} = 43,7 \text{ MPa}$$

Per calcular si resisteix aquest esforç, a partir de Von Mises calculem la tensió equivalent i amb ella el factor de seguretat. El material que s'utilitzarà serà l'acer inoxidable AISI 304 amb un límit elàstic de 195 MPa.

Equació 5

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 - 6 \times (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}{2}} = \sigma_x = 35,76 \text{ MPa}$$

Equació 6

$$FS = \frac{\sigma_{lim}}{\sigma_{eq}} \geq 1 = \frac{195}{43,7} = 4,46 \geq 1$$

Podem veure que amb les dimensions donades els braços aguantarien perfectament. Però com que el moviment de pujar i baixar l'haurà de fer contínuament s'ha de veure si aguantaria sempre o en algun moment fallaria. Avaluant-ho per fatiga es podrà saber fins a quants cicles pot fer aquesta acció sense tenir cap falla. Com que és un cicle simètric, la tensió equivalent serà la mateixa. A partir de l'equació següent es pot trobar la tensió equivalent.

Equació 7

$$\sigma_{Fat} = (K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e) \times \sigma'_{Fat}$$

On:

Ka = Coeficient per acabat superficial

Kb = Coeficient per dimensions

K_c = Coeficient de confiança

K_d = Coeficient de temperatura

K_e = Coeficient sensibilitat a l'entalla

σ'_{Fat} = Límit de fatiga teòric

El coeficient K_a el determinarem a partir de la taula següent i sabent que la resistència a la tracció del acer AISI 304 és de 0,6 GPa i que el seu acabat superficial serà maquinat:

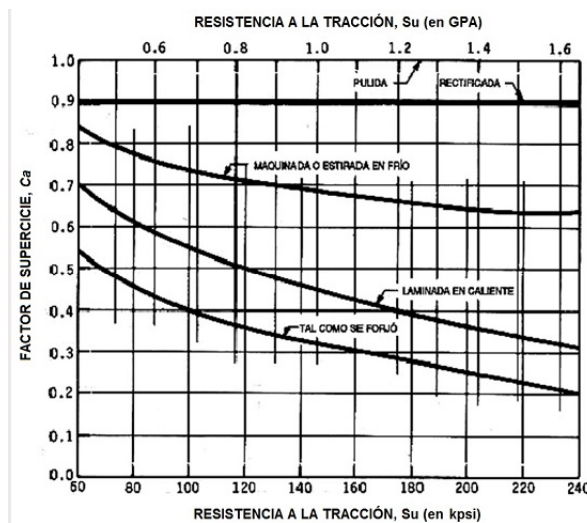


Figura 2.3. Gràfic coeficient K_a

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn217.html>

El coeficient K_a , ens dona un valor aproximadament de 0,78.

El coeficient K_b el calcularem tenint present que pateix una esforç flector i que la seva forma és rectangular. Seguint les fórmules següents tenim:

Equació 8

$$d_e = 0,808 \times \sqrt{h} \times b = 0,808 \times \sqrt{50} \times 5 = 12,77 \text{ mm}$$

Equació 9

$$K_b = 1,24 \times d_e^{-0,107} = 1,24 \times 12,77^{-0,107} = 0,94$$

El coeficient K_c el calcularem suposant una probabilitat de supervivència del 95% i amb l'equació a continuació.

Taula 2.1. Factor de desviació segons la probabilitat de supervivència.

Probabilitat de supervivència (%)	D
85	1
90	1,3
95	1,6
99	2,3
99,9	3,1
99,99	3,7

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn217.html>

Equació 10

$$K_c = 1 - (0,08 \times D) = 1 - (0,08 \times 1,6) = 0,872$$

Mirant la taula 2.1 i utilitzant l'equació, el valor del coeficient és de 0,872.

Els coeficients de temperatura i entalla, els considerarem 1 perquè la temperatura no variarà molt i la peça només pateix un esforç flector.

Un cop es saben els valors de tots els coeficients, es procedeix a calcular el límit de fatiga teòric. Per poder fer-ho, primer s'ha de saber quina és la resistència a ruptura, la qual és la mateixa que la de tracció.

Equació 11

$$\sigma'_{Fat} = 0,5 \times \sigma_{Rot} = 0,5 \times 600 = 300 \text{ MPa}$$

Equació 12

$$\sigma_{Fat} = (K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e) \times \sigma'_{Fat} = (0,78 \times 0,94 \times 0,872 \times 1 \times 1) \times 300 = 191,8 \text{ MPa}$$

Equació 13

$$FS = \frac{\sigma_{Fat}}{\sigma_{eq}} = \frac{191,8}{43,7} = 4,4 \geq 1$$

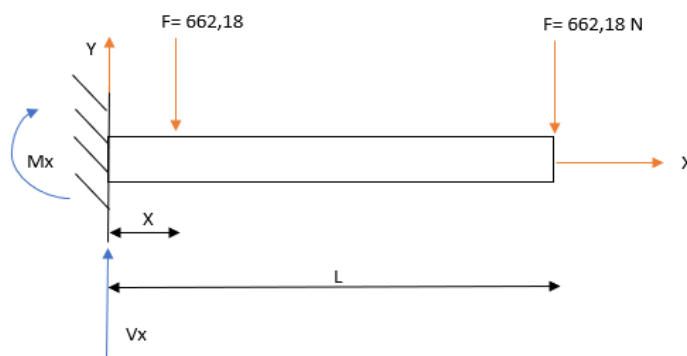
Es pot veure que amb les dimensions donades a part de resistir l'esforç, pot aguantar infinitament la repetició de pujar i baixar aquest pes.

4.2 Eix d'unió

Com el seu nom indica, és l'encarregat d'unir els dos braços laterals. Les forces que haurà de suportar seran les reaccions que pateixen els dos braços laterals al aguantar el carro. La figura 2.4 mostra com és l'eix d'unió. També es pot plantejar com un voladís ja que només està subjectat per l'acoblament en un dels extrems de l'eix.

**Figura 2.4. Eix d'unió****Font: Font pròpia**

La figura 2.5 mostra l'eix d'unió com a un voladís amb les seves respectives cargues i reaccions. Suposant $L=1000 \text{ mm}$ i $X=200 \text{ mm}$ el dibuix serà el següent:

**Figura 2.5. Diagrama cos lliure eix d'unió****Font: Font pròpia**

Si s'aplica la teoria de resistència dels materials es té:

Equació 14

$$\sum F = 0 \quad V_x = F + F = 662,18 + 662,18 = 1324,36 \text{ N}$$

Equació 15

$$\sum M = 0 \quad M_x = F(L + X) = 662,18 \times (1 + 0,2) = 794,62 \text{ Nm}$$

Ara es suposa que la forma de l'eix és circular amb un diàmetre 50 mm. Amb aquestes dades podrem calcular l'esforç de flexió en l'eix x. On I_x és la inèrcia que es produeix en l'eix x i y és l'altura des del centre de gravetat del cos que pateix la inèrcia.

Equació 16

$$I_x = \frac{1}{4} \times \pi \times r^4 = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^4 = 306796,16 \text{ mm}^4$$

Equació 17

$$\sigma_z = \sigma_x = \frac{M_x \times r}{I_x} = \frac{794620 \times 25}{306796,16} = 64,75 \text{ MPa}$$

El material que s'utilitzarà és l'acer inoxidable AISI 304, el mateix que en els braços. Calculant la tensió equivalent per Von Mises ens queda:

Equació 18

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 - 6 \times (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}{2}} = \sigma_x = 64,75 \text{ MPa}$$

Equació 19

$$FS = \frac{\sigma_{lim}}{\sigma_{eq}} \geq 1 = \frac{195}{64,75} = 3 \geq 1$$

Podem veure que amb les dimensions donades l'eix d'unió aguantaria perfectament. Però com que s'haurà de fer contínuament s'ha de veure si aguantaria sempre o en algun moment fallés. Avaluant-ho per fatiga es podrà saber fins a quants cicles pot fer aquesta acció sense tenir cap falla. Com que és un cicle simètric, la tensió equivalent serà la mateixa. El procés que s'utilitzarà per calcular-ho serà el mateix que s'ha fet servir en el càlcul dels braços.

Per calcular el coeficient K_a , s'utilitzarà el gràfic de la figura 2.3 i la resistència a ruptura del material del qual està construït, AISI 304. El valor del coeficient ens dona aproximadament 0,78.

El coeficient K_b el calcularem tenint present que pateix una esforç flector i que la seva forma és circular.

Equació 20

$$K_b = 1,24 \times d_e^{-0,107} = 1,24 \times 50^{-0,107} = 0,816$$

Utilitzant la taula 2.1 i l'equació 10, amb una probabilitat de supervivència del 95%, el coeficient K_c tindrà un valor de 0,872.

Els coeficients de temperatura i entalla seran 1 pel mateix motiu mencionat en el càlcul dels braços laterals.

Finalment es calcula la tensió a fatiga teòrica per poder calcular la tensió a fatiga real

Equació 21

$$\sigma'_{Fat} = 0,5 \times \sigma_{Rot} = 0,5 \times 600 = 300 \text{ MPa}$$

Equació 22

$$\sigma_{Fat} = (K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e) \times \sigma'_{Fat} = (0,78 \times 0,816 \times 0,872 \times 1 \times 1) \times 300 = 166,5 \text{ MPa}$$

Equació 23

$$FS = \frac{\sigma_{Fat}}{\sigma_{eq}} = \frac{166,5}{64,75} = 2,57 \geq 1$$

Per tant s'arriba a la conclusió de que amb les dimensions donades a part de resistir l'esforç, podrà aguantar per sempre aquest esforç cíclic.

4.3 Braç pivotant

El braç pivotant és el que permet que girin els braços laterals, l'eix d'unió i el carro. Les forces que ha de suportar són les reaccions juntes que pateixen els braços laterals, ja que en un moment del gir, el braç estarà completament perpendicular al carro, moment on patirà més i per tant el punt el qual s'haurà d'estudiar. Es considerarà com un voladís per simplificar els càlculs. La figura 2.6 mostra com és aquest braç.

**Figura 2.6. Braç pivotant****Font: Font pròpia**

La figura 2.7 mostra el braç pivotant com a un voladís amb les seves respectives cargues i reaccions. Suposant una $L = 400 \text{ mm}$.

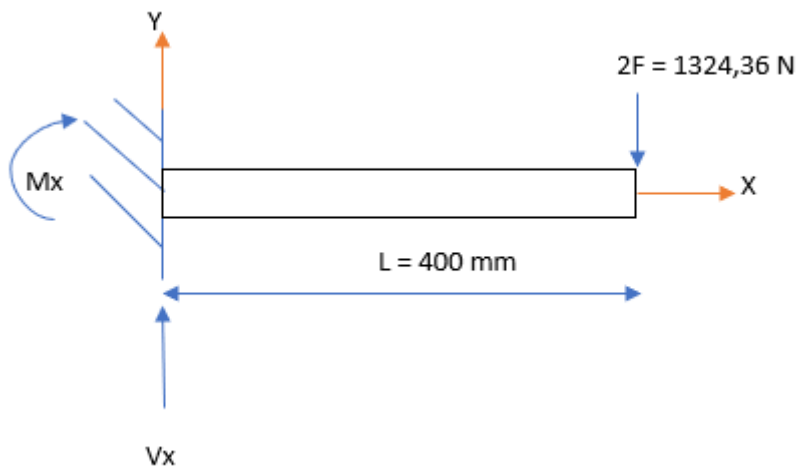


Figura 2.7. Diagrama cos lliure braç pivotant

Font: Font pròpia

Si s'aplica la teoria de resistència dels materials es té:

Equació 24

$$\sum F = 0 \quad V_x = 2F = 1324,36 \text{ N}$$

Equació 25

$$\sum M = 0 \quad M_x = 2F \times L = 1324,36 \times 0,4 = 529,75 \text{ Nm}$$

Ara es suposa que la forma del braç pivotant és rectangular amb una altura de 50 mm i 15 mm d'espessor. Amb aquestes dades podem calcular l'esforç de flexió en l'eix x.

Equació 26

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 15 \times 50^3 = 156250 \text{ mm}^4$$

Equació 27

$$\sigma_z = \sigma_x = \frac{M_x \times y}{I_x} = \frac{529750 \times 25}{156250} = 84,76 \text{ MPa}$$

El material que s'utilitzarà és l'acer inoxidable AISI 304, el mateix que en els braços i eix. Calculant la tensió equivalent per Von Mises en queda:

Equació 28

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 - 6 \times (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}{2}} = \sigma_x = 84,76 \text{ MPa}$$

Equació 29

$$FS = \frac{\sigma_{lim}}{\sigma_{eq}} \geq 1 = \frac{195}{84,76} = 2,3 \geq 1$$

Podem veure que amb les dimensions donades el braç pivotant aguantaria perfectament. Però com que s'haurà de fer contínuament s'ha de veure si aguantaria sempre o en algun moment fallés. Avaluant-ho per fatiga es podrà saber fins a quants cicles pot fer aquesta acció sense tenir cap falla. Com que és un cicle simètric, la tensió equivalent serà la mateixa. El procés que s'utilitzarà per calcular-ho serà el mateix que s'ha fet servir en el càlcul dels braços i eix. Aleshores tenim:

Per calcular el coeficient Ka, s'utilitzarà el gràfic de la figura 2.3 i la resistència a ruptura del material del qual està construït, AISI 304. El valor del coeficient ens dona aproximadament 0,78.

El coeficient Kb el calcularem tenint present que pateix una esforç flector i que la seva forma és rectangular. Seguint les fórmules següents tenim:

Equació 30

$$d_e = 0,808 \times \sqrt{h} \times b = 0,808 \times \sqrt{50} \times 15 = 85,7 \text{ mm}$$

Equació 31

$$K_b = 1,24 \times d_e^{-0,107} = 1,24 \times 85,7^{-0,107} = 0,77$$

Utilitzant la taula 2.1 i l'equació 10, amb una probabilitat de supervivència del 95%, el coeficient K_c tindrà un valor de 0,872.

Els coeficients de temperatura i entalla seran 1 pel mateix motiu mencionat en els braços laterals.

Finalment es calcula la tensió a fatiga teòrica per poder calcular la tensió a fatiga real.

Equació 32

$$\sigma'_{Fat} = 0,5 \times \sigma_{Rot} = 0,5 \times 600 = 300 \text{ MPa}$$

Equació 33

$$\sigma_{Fat} = (K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e) \times \sigma'_{Fat} = (0,78 \times 0,77 \times 0,872 \times 1 \times 1) \times 300 = 157,12 \text{ MPa}$$

Equació 34

$$FS = \frac{\sigma_{Fat}}{\sigma_{eq}} = \frac{157,12}{84,76} = 1,85 \geq 1$$

Per tant s'arriba a la conclusió de que amb les dimensions donades a part de resistir l'esforç, podrà aguantar per sempre aquest esforç cíclic.

4.4 Acoblament

Acoblarà el braç amb el cargol de potència perquè pugui pujar i bolcar el carro. Suportarà el pes que aguanta el braç i el propi braç, però com que el pes del braç respecte al que ha de aguantar és molt més petit el podem obviar. D'aquesta manera tindrem dos cargues iguals, les reaccions que pateixen els braços, però en sentit oposat ja que provocaran un moment sobre l'acoblament. Es pot simplificar a un voladís central per facilitar els càlculs. La figura 2.8 mostra com és aquest acoblament.

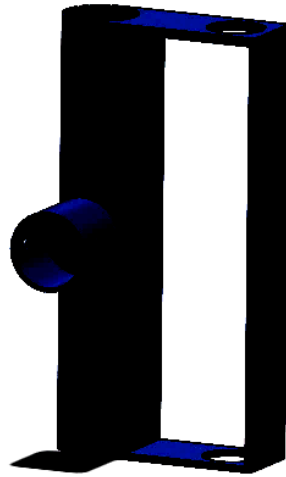


Figura 2.8. Acoblament

Font: Font pròpia

La figura 2.9 mostra l'acoblament com a un voladís central amb les seves respectives cargues i reaccions. Suposant $L = 300$ mm:

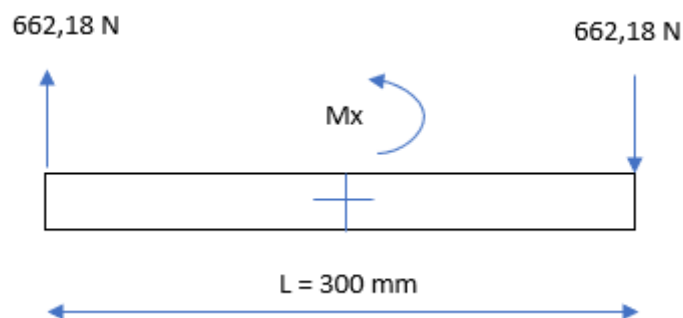


Figura 2.9. Acoblament

Font: Font pròpia

Equació 35

$$\sum F = 0 \quad V_x = F - F = 662,18 - 662,18 = 0 \text{ N}$$

Equació 36

$$\sum M = 0 \quad M_x = 2F \times \frac{L}{2} = 1324,36 \times \frac{0,3}{2} = 198,7 \text{ Nm}$$

Ara es suposa que la forma de l'acoblament és un cilindre buit amb un diàmetre exterior de 54 mm i un diàmetre interior de 50 mm. Amb aquestes dades podrem calcular l'esforç de flexió en l'eix x.

Equació 37

$$I_x = \frac{1}{32} \times (d_e^4 - d_i^4) = \frac{1}{32} \times (54^4 - 50^4) = 70408 \text{ mm}^4$$

Equació 38

$$\sigma_z = \sigma_x = \frac{M_x \times r}{I_x} = \frac{198700 \times 27}{70408} = 76,2 \text{ MPa}$$

El material que s'utilitzarà és l'acer inoxidable AISI 304, el mateix que en els braços i eix. Calculant la tensió equivalent per Von Mises ens queda:

Equació 39

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 - 6 \times (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}{2}} = \sigma_x = 76,2 \text{ MPa}$$

Equació 40

$$FS = \frac{\sigma_{lim}}{\sigma_{eq}} \geq 1 = \frac{195}{76,2} = 2,56 \geq 1$$

Podem veure que amb les dimensions donades l'eix d'unió aguantaria perfectament. Però com que s'haurà de fer contínuament s'ha de veure si aguantaria sempre o en algun moment fallés. Avaluant-ho per fatiga es podrà saber fins a quants cicles pot fer aquesta acció sense tenir cap falla. Com que és un cicle simètric, la tensió equivalent serà la mateixa. El procés que s'utilitzarà per calcular-ho serà el mateix que s'ha fet servir en el càlcul dels braços. Aleshores tenim:

Per calcular el coeficient K_a , s'utilitzarà el gràfic de la figura 2.3 i la resistència a ruptura del material del qual està construït, AISI 304. El valor del coeficient ens dona aproximadament 0,78.

El coeficient K_b el calcularem tenint present que pateix una esforç flector i que la seva forma és circular. Seguint les fórmules següents tenim:

Equació 41

$$K_b = 1,24 \times d_e^{-0,107} = 1,24 \times 54^{-0,107} = 0,81$$

Utilitzant la taula 2.1 i l'equació 10, amb una probabilitat de supervivència del 95%, el coeficient K_c tindrà un valor de 0,872.

Els coeficients de temperatura i entalla seran 1 pel mateix motiu mencionat anteriorment.

Finalment es calcula la tensió a fatiga teòrica per poder calcular la fatiga real

Equació 42

$$\sigma'_{Fat} = 0,5 \times \sigma_{Rot} = 0,5 \times 600 = 300 \text{ MPa}$$

Equació 43

$$\sigma_{Fat} = (K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e) \times \sigma'_{Fat} = (0,78 \times 0,81 \times 0,872 \times 1 \times 1) \times 300 = 165,3 \text{ MPa}$$

Equació 44

$$FS = \frac{\sigma_{Fat}}{\sigma_{eq}} = \frac{165,3}{76,2} = 2,17 \geq 1$$

Per tant s'arriba a la conclusió de que amb les dimensions donades a part de resistir l'esforç, podrà aguantar per sempre aquest esforç cíclic.

5 Càlcul de la picadora

5.1 Cargol de potència

Per calcular quines han de ser les dimensions del cargol de potència, en primer lloc només es valorarà el recorregut de pujada i no el de baixada perquè és el recorregut on ha s'hi troba més pes. En segon lloc es considerarà que la carga que ha d'aixecar per poder calcular el par de torsió, és la que suporten els braços laterals, les altres cargues són menyspreables. A més a més perquè la força es distribueixi millor s'utilitzarà una peça entremig, anomenada collarí, aquesta peça crearà un fregament el qual farà que augmenti el par torçor. En quan al material que s'utilitzarà, es farà servir l'acer inoxidable tot i que la matèria primera no estarà mai en contacte amb el cargol i per tant no ha de ser obligatòriament inoxidable.

D'aquesta manera tindrem el següent esquema amb les següents dimensions inicials, representat a la figura 2.10.

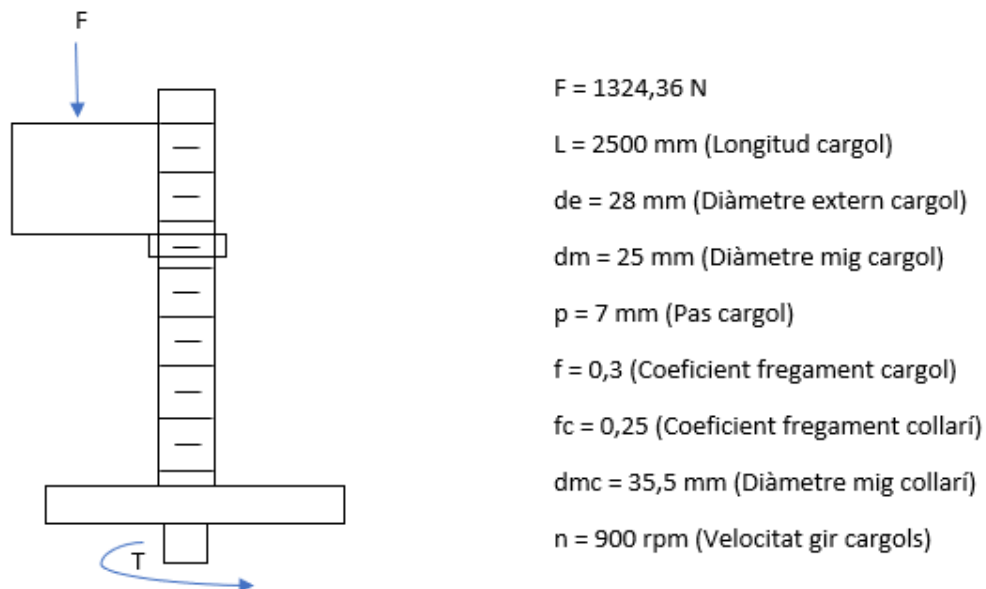


Figura 2.10. Esquema Cargol de potència

Font: Font pròpia

Utilitzant les següents equacions, es podrà determinar quin és el par torçor que ha de vèncer per poder pujar el carro.

Equació 45

$$T_p = \frac{F \times d_m}{2} \times \frac{p + (\pi \times f \times d_m)}{(\pi \times d_m) - (f \times p)} =$$

$$= \frac{1324,36 \times 0,035}{2} \times \frac{0,007 + (\pi \times 0,3 \times 0,025)}{(\pi \times 0,025) - (0,3 \times 0,007)} = 9,27 \text{ Nm}$$

Equació 46

$$T_c = F \times \frac{f_c \times d_{mc}}{2} = 1324,36 \times \frac{0,25 \times 0,0355}{2} = 5,9 \text{ Nm}$$

Equació 47

$$T_T = T_p + T_c = 9,27 + 5,9 = 15,2 \text{ Nm}$$

Un cop calculat el par torçor, s'ha de mirar si amb les dimensions donades, el cargol aguantaria aquest par. Per fer-ho hi ha dos mètodes, el primer és mirar l'estat de tensions a la rosca a causa dels esforços transmesos al engranar la rosca del cargol amb la femella i el segon l'estat de tensions al nucli del eix del cargol a causa del moment torçor necessari i de la carga a elevar. Es considerarà un disseny acceptable si el factor de seguretat és més gran que tres. Si no es compleix aquesta condició es tornarà a dimensionar el cargol fins que es compleixi.

El mètode escollit és el del nucli del eix del cargol. En aquest, com ja s'ha dit abans, es produeixen tensions com a conseqüència del par torçor que cal aplicar per elevar la carga. Seguint les equacions on σ_T és l'esforç de tensió a causa del par torçor, I_0 és el moment de la secció circular del cargol i σ_c és l'esforç de compressió a causa de la carga a elevar.

Equació 48

$$\sigma_T = \frac{T \times r}{I_0} = \frac{15200 \times 12,5}{38349,52} = 5 \text{ MPa}$$

Equació 49

$$I_0 = \frac{\pi \times d_m^4}{32} = \frac{\pi \times 25^4}{32} = 38349,52 \text{ mm}^4$$

Equació 50

$$\sigma_c = \frac{F}{A} = \frac{1324,36}{\pi \times \frac{25^2}{4}} = 2,7 \text{ MPa}$$

Una vegada s'han calculat els esforços, es calcula l'esforç equivalent a partir de l'equació següent i el seu factor de seguretat:

Equació 51

$$\sigma_{eq} = \frac{3}{8} \times \sigma_c + \frac{5}{8} \sqrt{\sigma_c^2 + (4 \times \sigma_T^2)} = \frac{3}{8} \times 2,7 + \frac{5}{8} \sqrt{2,7^2 + (4 \times 5^2)} = 7,5 \text{ MPa}$$

Equació 52

$$FS = \frac{\sigma_{lim}}{\sigma_{eq}} = \frac{195}{7,5} = 26 > 3$$

El cargol de potència aguantarà perfectament amb les dimensions suposades anteriorment.

Ara es pot calcular la potència que es necessitarà per elevar la carga.

Equació 53

$$P = T \times n = 15,2 \times 900 \times \frac{2\pi}{60} = 1,5 \text{ KW}$$

Si es vol un factor de seguretat de dos on s'hi inclouen les pèrdues, aleshores la potencia és de 3KW.

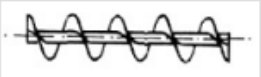

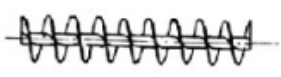
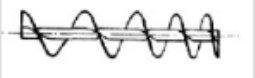
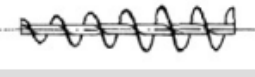
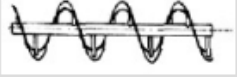
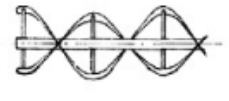
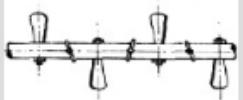
5.2 Cargols sense fi

Ens basarem amb la normativa UNE-58-244-88. Els dos cargols sense fi, un d'alimentació i l'altre de treball, dependran de la producció mínima requerida, 5000 kg/h, per tant les dimensions del cargol d'alimentació hauran de ser més grans que les del cargol de treball ja que com indica el seu nom ha d'alimentar el cargol de treball perquè la seva producció sigui igual o superior a la requerida. Partint d'aquesta condició, hi ha factors en el

disseny, com per exemple el diàmetre del canaló, el qual proporciona la secció de treball del cargol o la relació entre el pas i el diàmetre de la hèlix, que afecten a aquesta condició.

A la taula 2.2 es mostren aquestes diferències.

Taula 2.2. Forma de l'hèlix segons el seu diàmetre, pas i aplicació

Tipo de Hélice	Tipo de Material para Transportar / Aplicación	Figura
Hélice continua, de paso igual al diámetro	Tipo de hélice normal para transporte de sólidos	
Hélice de gran paso, de 1,5 a 2 veces el diámetro	Se utiliza para productos que fluyen muy bien	
Hélice de pequeño paso, normalmente la mitad del diámetro	Se utiliza en tornillos sin fin inclinados hasta unos 20-25°, o cuando se quiere un prolongado tiempo de permanencia del producto en el transportador con el objeto de enfriarlo, secarlo, etc.	
Hélice de paso variable	Utilizado para compresión de productos, como es el caso de las prensas de tornillo.	
Hélice de diámetro variable	Se utiliza como extractor dosificador de sólidos de tolvas.	
Hélice de cinta	Tipo de hélice adecuada para productos que producen atascamiento.	
Hélice mezcladora, con dos hélices tipo cinta, uno a derecha y otro a izquierda	Se utiliza como equipo mezclador	
Hélice mezcladora, con eje provisto de paletas	Se utiliza como equipo mezclador	

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

Mirant a aquesta taula i sabent que el objectiu del cargol sense fi d'alimentació és transportar la matèria primera cap al cargol sense fi de treball, que s'encarrega de comprimir la matèria primera perquè passi pel sistema de tall, el tipus d'hèlix que utilitzarà el cargol d'alimentació serà la continua amb pas i diàmetre igual i el cargol de treball utilitzarà el de pas variable.

Com que el que s'ha de calcular és la velocitat de gir dels cargols sense fi, i aquesta depèn del caudal, que és el mateix que la producció mínima requerida, suposarem un caudal pel cargol d'alimentació de 8000 kg/h i de 5000 kg/h pel cargol de treball.

El canaló tindrà un diàmetre de 400 mm en la part d'alimentació i un diàmetre de 200 mm per la part de treball. La capacitat de la tremuja serà de 500 kg i la capacitat de la cavitat interior serà de

5.2.1 Cargol sense fi d'alimentació

A continuació la figura 2.11 mostrarà les dades suposades que tindrà el cargol sense fi



Figura 2.11. Esquema Cargol sense fi d'alimentació

Font: Font pròpia

Per saber quina és la velocitat de gir utilitzarem la següent equació, que depèn de la secció del cargol, la densitat del material, el coeficient d'inclinació i la velocitat lineal del cargol.

Equació 54

$$Q = S \times v \times \rho \times i$$

On:

S = Secció canaló

v = Velocitat lineal de desplaçament del eix del cargol

ρ = Densitat material

i = Coeficient de disminució del flux de material degut a la inclinació del canaló

Aleshores es té que la secció del canaló és:

Equació 55

$$S = \gamma \times \frac{\pi \times d^2}{4}$$

On γ és el coeficient de farcit de la secció, el qual ve donat per la taula 2.3 i depèn del tipus de material que transporta el cargol.

Taula 2.3. Coeficient de farcit segons la classe de material

Tipo de carga	Coeficiente de relleno, λ
Pesada y abrasiva	0,125
Pesada y poco abrasiva	0,25
Ligera y poco abrasiva	0,32
Ligera y no abrasiva	0,4

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

Com que la carn és un material que es pot considerar lleuger i no abrasiu, el coeficient és 0,4. Per tant ens queda una secció de $0,0126 \text{ m}^2$ utilitzant l'equació 55.

La inclinació que tindrà el nostre canaló serà de zero graus. Sabent això es pot saber quin és el coeficient de disminució del flux. El coeficient serà de 1.

Un cop sabent quins són els valors que decideixen quin és el caudal i aïllant la velocitat de l'equació 54, ja es pot calcular la velocitat lineal a partir d'aquesta equació.

Equació 56

$$v = \frac{Q}{S \times \rho \times i} = \frac{8000}{0,0126 \times 350 \times 1 \times 60} = 30,234 \text{ m/min}$$

La velocitat lineal depèn del pas del cargol i de la velocitat de gir, per tant es pot treure la velocitat de gir del cargol amb la següent equació.

Equació 57

$$n = \frac{v}{p} = \frac{30,234}{0,2} = 151,17 \text{ rpm}$$

Aquest cargol sense fi necessita un motor per girar, és per aquesta raó que es calcularà la potència d'accionament necessària amb la qual podrà arribar a tenir el caudal anteriorment calculat.

La potència d'accionament es divideix en quatre components principals. El primer component és la potència necessària per el desplaçament horitzontal de la matèria, el segon component és la potència necessària per accionar el cargol en buit, aquesta normalment és molt més petita que l'anterior i es podria arribar a menysprear, el tercer component és la potència necessària en el cas d'un cargol inclinat, com que en aquest cas la inclinació és de zero graus, no es tindrà en compte, finalment el quart i últim component serà la potència necessària per fer girar el cargol a la velocitat de gir anteriorment calculada.

Per calcular la potència horitzontal s'ha d'utilitzar la longitud del cargol sense fi i el coeficient de resistència del material transportat. Per conèixer el valor d'aquest coeficient, es pot emprar la taula 2.4. La carn es pot incloure dins el primer grup, on es troben els aliments.

Taula 2.4. Coeficient de resistència segons el material

Tipo de material	Valor de c_0
Harina, serrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

Utilitzant les equacions següents, podrem determinar el valor de les potències dels tres primers components.

Equació 58

$$P_H = C_0 \times \frac{Q \times L}{367} = 1,2 \times \frac{8000 \times 1,5}{367} = 39,24 \text{ W}$$

Equació 59

$$P_N = \frac{d_c \times L}{20} = \frac{0,2 \times 1,5 \times 1000}{20} = 15 \text{ W}$$

Per calcular la última potència, s'utilitzarà la següent equació.

Equació 60

$$P_M = M_T \times n = 735,75 \times \frac{151,17 \times 2\pi}{60} = 11,65 \text{ KW}$$

On M , és el moment torçor que ha de vèncer l'eix del cargol d'alimentació per moure la carn, i la força és una càrrega repartida al llarg de l'eix que depèn de la capacitat de la tremuja.

Equació 61

$$M_T = F + \frac{d_e}{2} = (500 \times 9,81 \times 1,5) \times 0,1 = 735,75 \text{ Nm}$$

Per tant la potència total que haurà de tenir el motor és:

Equació 62

$$P_T = P_H + P_N + P_M = 23,8 + 15 + 11650 = 11,7 \text{ KW}$$

Com que els fregaments i pèrdues no s'han considerat, es considerarà un factor de seguretat de 1,5. Aleshores ens queda una potència de 17,55 kW.

5.2.2 Cargol sense fi de treball

A continuació la figura 2.12 mostra les dades suposades que tindrà el cargol de treball.



de=100mm (Diàmetre cargol)
 pi=200mm (Pas inicial cargol)
 pf=100mm (Pas final cargol)
 pm=150mm (Pas mig cargol)
 dc=200mm (Diàmetre canaló)
 Q= 5000 kg/h(Caudal cargol)
 $\rho = 350 \text{ kg/m}^3$ (Densitat carn)
 L= 1m (Longitud cargols)

Figura 2.12. Esquema Cargol sense fi de treball

Font: Font pròpia

Per saber quina és la velocitat de gir utilitzarem l'equació 54, utilitzada anteriorment en el càlcul del cargol d'alimentació.

Aleshores es calcula la secció, on γ ve donat per la taula 2.3. Com que el tipus de material és el mateix, el coeficient és 0,4. Per tant ens queda una secció de:

Equació 63

$$S = \gamma \times \frac{\pi \times d^2}{4} = 0,4 \times \frac{\pi \times 0,15^2}{4} = 0,007 \text{ m}^2$$

La inclinació que tindrà el nostre canaló serà la mateixa que en l'anterior, 1. Sabent això es pot saber quin és el coeficient de disminució del flux segons la taula 2.3.

Un cop sabent quins són els valors que decideixen quin és el caudal, ja es pot calcular la velocitat lineal.

Equació 64

$$v = \frac{Q}{S \times \rho \times i} = \frac{5000}{0,007 \times 350 \times 1 \times 60} = 34 \text{ m/min}$$

La velocitat lineal depèn del pas del cargol i de la velocitat de gir, per tant es pot treure la velocitat de gir del cargol.

Equació 65

$$n = \frac{v}{p} = \frac{34,234}{0,1} = 340 \text{ rpm}$$

Aquest cargol sense fi necessita un motor per girar, és per aquesta raó que es calcularà la potència d'accionament de la mateixa manera que s'ha fet amb l'anterior.

Com que el material és el mateix i utilitzant la taula 2.4, tenim que el valor del coeficient és de 1,2.

Utilitzant les equacions següents, podrem determinar el valor de les potències dels tres primers components.

Equació 66

$$P_H = C_0 \times \frac{Q \times L}{367} = 1,2 \times \frac{5000 \times 1}{367} = 16,35 \text{ W}$$

Equació 67

$$P_N = \frac{d_c \times L}{20} = \frac{0,2 \times 1 \times 1000}{20} = 10 \text{ W}$$

Per calcular la última potència, s'utilitzarà la següent equació.

Equació 68

$$P_M = M_T \times n = 122,625 \times \frac{340 \times 2\pi}{60} = 4,37 \text{ KW}$$

On M , és el moment torçor que ha de vèncer l'eix del cargol d'alimentació per moure la carn, i la força és una càrrega repartida al llarg de l'eix que depèn de la capacitat de la tremuja.

Equació 69

$$M_T = F + \frac{d_e}{2} = (250 \times 9,81 \times 1) \times 0,05 = 122,625 \text{ Nm}$$

Per tant la potència total és:

Equació 70

$$P_T = P_H + P_N + P_M = 16,35 + 10 + 4370 = 4,4 \text{ KW}$$

Com que els fregaments i pèrdues no s'han considerat, es considerarà un factor de seguretat de 1,5. Aleshores ens queda una potència de 6,6 kW.

5.3 Transmissió

La transmissió que es dissenyarà és la del tipus cadena-pinyó, ja que com s'ha explicat anteriorment quin és el seu funcionament i les avantatges que aporta, és la més adequada en aquestes condicions de treball. S'utilitzarà la normativa DIN-8187.

Per poder calcular-la es suposaran les següents dades i s'agafaran d'altres ja calculades anteriorment. Aleshores amb la taula 2.5 es té:

Taula 2.5. Dades inicials de les transmissions de cada cargol

Cargol Alimentació		Cargol Treball	
Potència Motor	P=18,5 KW	Potència Motor	P=7,5 KW
Velocitat de gir del motor	n1=460 rpm	Velocitat de gir del motor	n1=630 rpm
Velocitat gir cargol	n2=152 rpm	Velocitat gir cargol	n2=340 rpm
Vida útil	t=40000 h	Vida útil	t=40000 h
Distància entre centres	O=500 mm	Distància entre centres	O=230 mm
Número de cadenes	Nº=1	Número de cadenes	Nº=1

Font: Pròpia

5.3.1 Transmissió del cargol sense fi d'alimentació

Es començarà calculant la transmissió del cargol d'alimentació. Primer es calcula la relació de transmissió, per així poder determinar el nombre de dents amb la taula 2.6 adjunta a continuació. Aquesta taula et determina una sèrie de determinades dents ja que si es passa el número de dents, cosa que determina l'altura de les dents, fent que aquesta altura sigui el factor que desengrana la cadena, és a dir, que la cadena surti de la roda dentada.

Equació 71

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{460}{152} = 3$$

Taula 2.6. Relació precisa entre el nombre de dents entre pinyó i roda gran

Número de dents , z	
Pinyó / Roda Petita	17 - 19 - 21 - 23 - 25
Roda Gran	38 - 57 - 76 - 95 - 114

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>

Mirant a la taula quina és la combinació que s'acosta més a la relació de transmissió, es treu que el pinyó tindrà 19 dents i la roda gran 57.

Un cop s'han calculat el número de dents, es procedeix a calcular la potència corregida, la qual depèn d'uns coeficients que tindran en compte aspectes del muntatge i ús de la cadena, representats en uns gràfics.

El primer coeficient té en compte que el nombre de dents del pinyó sigui diferent de 19. El gràfic que ho mostra es pot simplificar en una fórmula.

Equació 72

$$k_1 = \frac{19}{z_1} = \frac{19}{19} = 1$$

Quedant així un coeficient de valor 1.

El segon coeficient és el de multiplicitat, que considera el nombre de cadenes que s'utilitzaran a la transmissió. Aquest valor es pot treure del gràfic representat a la figura 2.13.

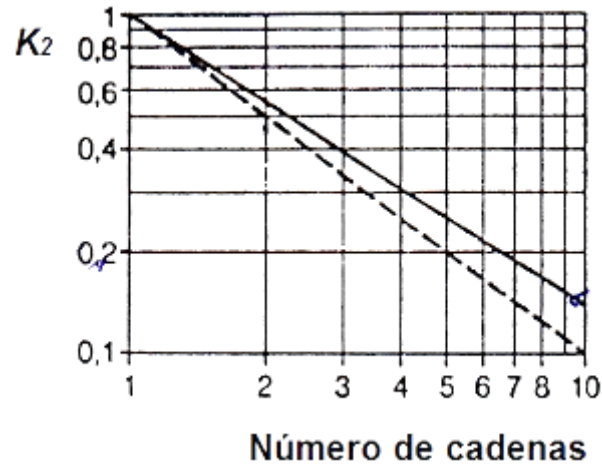


Figura 2.13. Gràfic coeficient K_2

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>

Com que s'utilitzarà una cadena i segons el gràfic, el coeficient serà 1.

El tercer coeficient ve donat per el gràfic de la figura 2.14, que té en compte el nombre d'elements que formen una cadena, anomenats baulons.

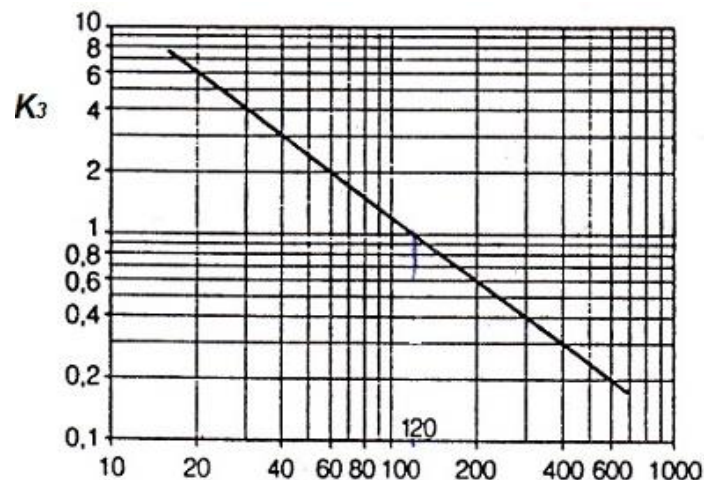


Figura 2.14. Gràfic coeficient K_3

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>

Com que no sabem quina és la longitud de la cadena s'haurà de fer una iteració. Es suposarà un nombre de 120 baulons, d'aquesta manera amb el gràfic es determina que el valor del coeficient és de 1. Posteriorment, una vegada es sàpiga quina és la longitud real de la cadena, es tornarà a calcular el coeficient perquè sigui més exacta.

El quart coeficient, és el factor de servei que té en compte les condicions en les que treballa la transmissió. La taula 2.7 mostra els diferents valors del coeficient segons la funció de la màquina.

Taula 2.7. Coeficient K4, factor de servei

Màquina Motriu	Màquina conduïda		
	Elements Mecànics	Mecàniques	
		Més de 4 cilindres	4 cilindres
Màquines d'imprimir	1	1,1	1,3
Bombes centrífugues			
Motors elèctrics	1,4	1,5	1,7
Bombes centrífugues de 3 pistons			
Premes i Cisalles	1,8	1,9	2,1
Excavadores			
Bombes 1 pistó			

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>

En aquest cas com es tracta de un motor elèctric (Màquina motriu) i cargol (Màquina conduïda), veient la taula el coeficient serà 1,4.

El cinquè i últim coeficient, té en compte la duració en funció de la vida útil prevista per la cadena. Això ho mostra el gràfic de la figura 2.15.

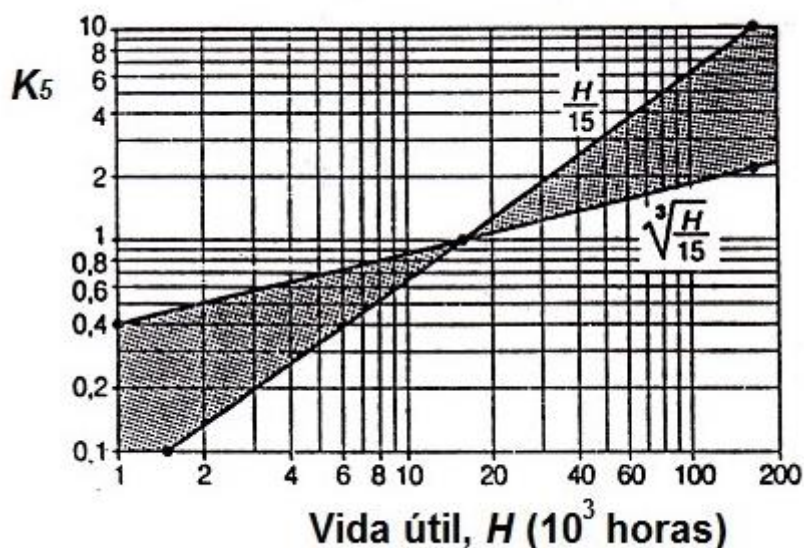


Figura 2.15. Coeficient K5

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>

Com que la vida útil és de 40000 hores, el coeficient segons el gràfic és de 2.

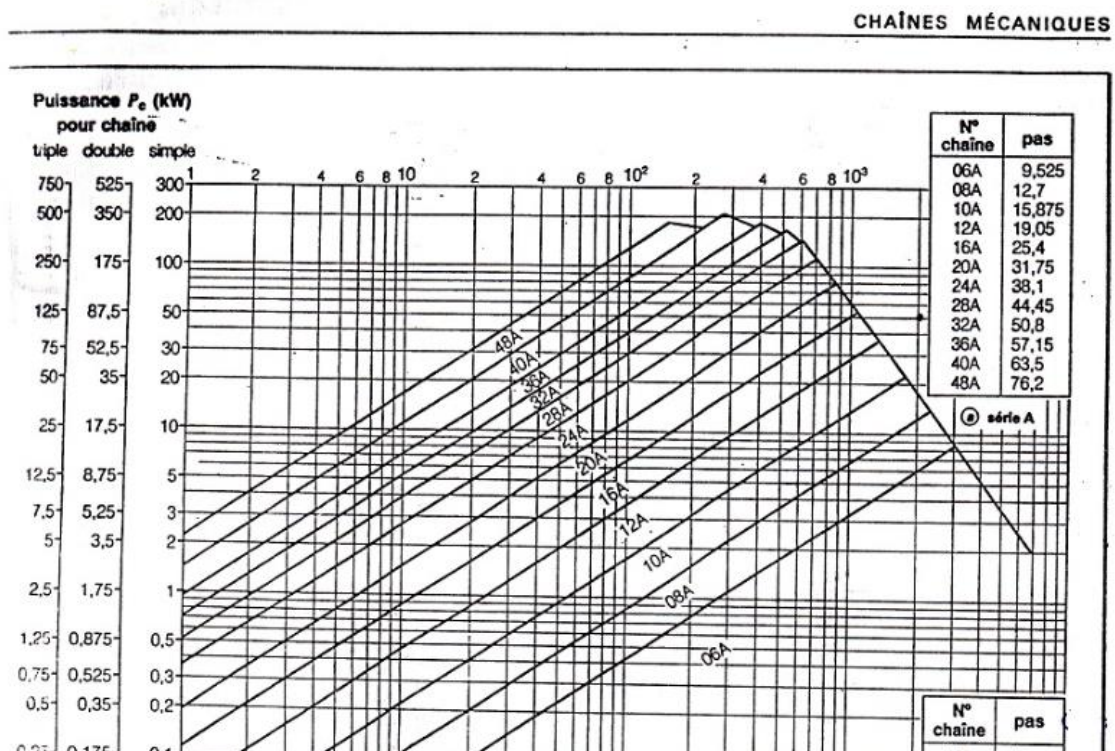
Un cop obtinguts els valors dels diferents coeficients, es calcula el valor de la potència corregida a partir de la fórmula següent :

Equació 73

$$P_c = (k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5) \times P = (1 \times 1 \times 1 \times 1,5 \times 2) \times 18,5 = 55,5 \text{ KW}$$

Amb el valor de la potència corregida obtinguda i la velocitat de gir del pinyó, és a dir la del motor, s'entra en el gràfic de la figura 2.16, amb el que s'obté la sèrie i tipus de cadena necessària i el seu pas.

Series A (serie americana) y B (serie europea)



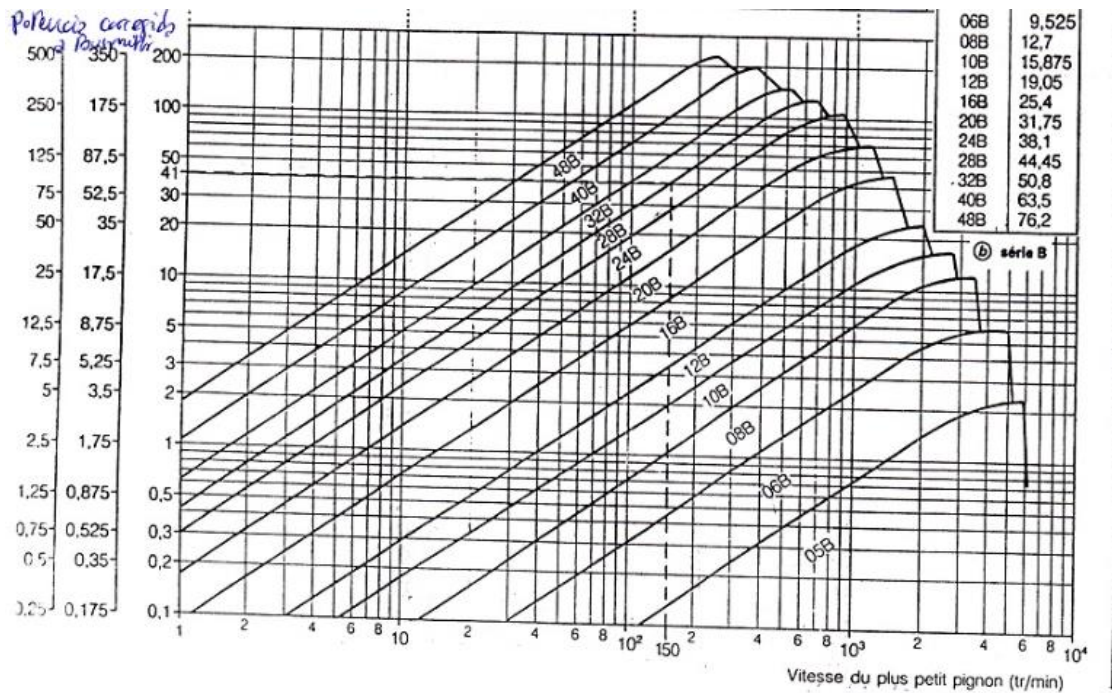


Figura 2.16. Gràfic selecció cadenes

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>

El tipus de cadena que s'obté amb una potència corregida de 55,5 KW i 460 rpm, és la 24B amb un pas de 38,1 mm.

Una vegada es sap el tipus de cadena, es pot calcular els diàmetres primitius del pinyó i roda gran amb la següent fórmula:

Equació 74

$$d_p = \frac{p}{\sin\left(\frac{\pi}{z}\right)}$$

Per $z_1 = 19$

Equació 75

$$d_{p1} = \frac{38,1}{\sin\left(\frac{\pi}{19}\right)} = 231,48 \text{ mm} \rightarrow 232 \text{ mm}$$

Per $z_2 = 57$

Equació 76

$$d_{p1} = \frac{38,1}{\sin\left(\frac{\pi}{57}\right)} = 691,62 \text{ mm} \rightarrow 692 \text{ mm}$$

Ara es pot procedir a calcular la longitud real de la cadena, que ve donada per la següent equació.

Equació 77

$$\frac{L}{p} = \left(\frac{(z_1 + z_2)}{2} \right) + \left((z_2 + z_1) \times \left(\frac{\beta}{\pi} \right) \right) + \left(O \times \cos(\beta) \times \frac{2}{p} \right)$$

On β és l'angle de contacta, en radians, que s'obté amb l'expressió:

Equació 78

$$\beta = \frac{(r_2 - r_1)}{\sin^{-1}(O)}$$

Com que el número de baules ha de ser enter s'haurà d'ajustar la distància entre centres que s'ha suposat abans. D'aquesta manera ens queda un procés iteratiu, mostrat a la taula 2.9.

Taula 2.8. Resultats del procés iteratiu

Distància entre centres(O)	Angle de contacte (β)	Número de baules (L/p)
500	1,1925	76,54
485	1,2483	76,24
470	1,364	76

Font: Font pròpia

Per tant ens queda una longitud de cadena de 2895,6 mm, que s'obté de multiplicar el pas pel número de baules, amb una distància entre centres de 470 mm.

Ara que es torna a tenir la longitud real de la cadena i el número de baules, es re-calcula el valor del coeficient tres. Mirant al gràfic de la figura 2.14 amb el nombre de baules de 76, el coeficient és de 1,7.

Amb el nou coeficient es torna a calcular la potència corregida per determinar un altre cop el tipus de cadena utilitzant l'equació 73 però amb el nou valor del tercer coeficient.

Equació 79

$$P_c = (k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5) \times P = (1 \times 1 \times 1,7 \times 1,5 \times 2) \times 18,5 = 94,35 \text{ KW}$$

Mirant al gràfic, el tipus de cadena és la 24B, com que és la mateixa que la calculada amb els valors suposats anteriorment, ja no s'haurà de tornar a iterar.

Per comprovar si la cadena pot aguantar sense fallar, s'haurà de calcular la seva velocitat lineal, els esforços que pateix i quina és la seva pressió màxima de contacte.

Per saber si compleix amb la velocitat màxima a la que pot anar la cadena, la taula 2.10 ens ho determinarà, sabent que la velocitat es calcula amb aquesta fórmula i que vindrà determinada per la roda més petita ja que és la que gira més ràpid.

Equació 80

$$v = \frac{p \times z_i \times n_2}{60} = \frac{0,0381 \times 19 \times 460}{60} = 5,55 \text{ m/s}$$

Taula 2.9. Velocitats màximes de la cadena

Pas (mm)	Velocitat de rotació (rpm)	Velocitat lineal (m/s)
9,525	10000	30
12,7	7000	28
15,875	5000	25
19,05	4000	24
25,4	2500	18
31,75	1600	16
38,1	1300	16
44,45	1000	14
50,8	700	11
63,5	500	10
76,2	400	9,5

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>

La velocitat calculada és inferior a la velocitat màxima permesa per un pas de 38,1 mm que és de 16 m/s, per tant en quan a velocitat compleix.

Els esforços que ha de suportar la cadena són l'esforç útil i l'esforç degut a la força centrífuga de la cadena. La força centrífuga es podria menysprear pel fet que és molt més petita que la força útil i no afectaria als resultats. Aquestes forces es poden calcular amb les equacions següents:

Equació 81

$$F_u = \frac{P}{v} = \frac{18500}{5,55} = 3333,3 \text{ N}$$

Equació 82

$$F_c = m \times v^2 = 6,7 \times 5,55^2 = 206,4 \text{ N}$$

La massa de la cadena es treu de la taula 2.11, on també s'extreu la carga de ruptura amb la qual es podrà calcular el factor de seguretat.

Taula 2.10. Dimensions i propietats mecàniques de les cadenes

Tipus Cadena	Pas (mm)	Ample Interior (mm)	Diàmetre rodet (mm)	Diàmetre eix (mm)	Ample eslabó interior (mm)	Ample sobre rebló (mm)	Longitud eix unió (mm)	Ample malla (mm)	Superfície (cm ²)	Pes (kg/m)	Carga ruptura (Kp)
04B	6	2,8	4	1,85	4,1	7,4	10,3	5	0,07	0,12	300
05B	8	3	5	2,31	4,77	8,6	11,7	7,11	0,1	0,18	460
06B	9,525	5,72	6,35	3,28	8,53	13,5	16,8	8,26	0,28	0,4	910
08B	12,7	7,75	8,51	4,45	11,3	17	20,9	11,81	0,5	0,7	1820
010B	15,875	9,65	10,16	5,08	13,28	19,6	23,7	14,73	0,67	0,95	2270
012B	19,05	11,68	12,07	5,72	15,62	22,7	27,3	16,13	0,89	1,25	2950
016B	25,4	17,02	15,88	8,27	25,45	36,1	41,5	20,6	2,1	2,7	6500
020B	31,75	19,56	19,05	10,17	29,01	43,2	49,3	26,2	2,95	3,7	10000
024B	38,1	25,4	25,4	14,63	37,92	53,4	60	33,2	5,54	6,7	17000
028B	44,45	30,99	27,94	15,9	46,58	65,1	72,5	37,08	7,4	8,3	20000
032B	50,8	30,99	29,21	17,81	45,57	67,4	75,3	41,6	8,12	10,5	26000
040B	63,5	38,1	39,37	22,87	55,75	82,6	92,8	52	12,15	16	38000
048B	76,2	45,75	48,26	29,22	70,56	99,1	109,6	63,5	20,62	27,2	60000
056B	88,9	53,34	53,98	34,3	81,33	117	126,6	80	27,87	34	90000
064B	101,6	60,96	63,5	39,4	92,02	131,4	140	90,17	36,25	60	108000
072B	114,3	68,58	72,3	44,48	103,81	157,2	157,2	103,63	46,17	80	137000

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>

El factor de seguretat es considera acceptable en una cadena si és igual o superior a 12, per tant sabent els esforços que pateix i la seva carga de ruptura es pot calcular.

Equació 83

$$FS = \frac{R}{F_T} = \frac{17000 \times 9,81}{3333,3 + 206,4} = 47,11 \geq 12$$

Per tant, la cadena triada compleix a la hora de suportar els esforços que pateix.

Finalment s'ha de calcular la pressió màxima, que ve determinada pel diàmetre del boló de la cadena i la longitud de la baula interior. Aquests valors es poden trobar a la taula 2.10, sent aquests 3,28 i 8,53 mm respectivament. Utilitzant la següent fórmula ens queda:

Equació 84

$$PS_{m\grave{a}x} = \frac{F_T}{d \times l} = \frac{3539,7}{14,63 \times 37,92} = 6,38 \text{ MPa}$$

La taula 2.12, determina quina és la pressió màxima admissible a les articulacions que pot suportar cada tipus de cadena.

Taula 2.11. Pressions màximes admissibles a les articulacions de cadenes

Pressió (MPa)					
N (rpm)	Pas (mm)	9,525 - 12,7	15,875 - 25,4	31,75 - 50,8	63,5 - 76,2
10		64	51	45	38
25		57	45	39	33
50		48	39	34	29
75		44	35	30	26
100		39	31	27	23
150		35	28	24	21
200		33	26	23	19
250		31	25	22	18
300		30	24	21	17
400		28	22	19	16
500		27	21	18	
750		24	19	17	
1000		22	18	15	

Font: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>

Amb la cadena tipus 24B tenim que la pressió màxima és de 18 MPa. La cadena no supera aquesta pressió, per tant també compleix en quant a pressió. S'arriba a la conclusió que la cadena seleccionada és la bona.

5.3.2 Transmissió del cargol sense fi de treball

Després d'haver calculat la transmissió pel cargol d'alimentació, es procedeix a calcular la del cargol de treball. Com s'ha fet abans, primer es calcula la relació de transmissió. Amb la taula 2.6 i amb la relació de transmissió es calcula el nombre de dents.

Equació 85

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{630}{340} = 1,85$$

Mirant a la taula 2.6 quina és la combinació que s'acosta més a la relació de transmissió, es treu que el pinyó tindrà 21 dents i la roda gran 38.

Un cop s'han calculat el número de dents, es procedeix a calcular la potència corregida, aquesta com ja s'ha mencionat anteriorment, depenen d'uns coeficients.

El primer coeficient i utilitzant l'equació 72, ens queda un valor de 0.9.:

El segon coeficient es calcula mirant el gràfic de la figura 2.13. Com que s'utilitzarà una única cadena i segons el gràfic, el coeficient serà 1.

El tercer coeficient es troba amb el gràfic de la figura 2.14. Com que no sabem quina és la longitud de la cadena s'haurà de fer una iteració. Es suposarà un número de 120 baulons, d'aquesta manera amb el gràfic es determina que el valor del coeficient és de 1. Posteriorment, una vegada es sàpiga quina és la longitud real de la cadena, es tornarà a calcular el coeficient perquè sigui més exacta.

El quart coeficient es pot treure a partir de la taula 2.7. Com abans es tracta d'un motor elèctric (Màquina motriu) i cargol (Màquina conduïda), veient la taula 2.7 el coeficient serà 1,5.

El cinquè i últim coeficient, es calcula a partir del gràfic de la figura 2.15. Com que la vida útil és de 40000 hores, el coeficient segons el gràfic és de 2.

Un cop obtinguts els valors dels diferents coeficients, es calcula el valor de la potència corregida a partir de la fórmula següent :

Equació 86

$$P_c = (k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5) \times P = (0,9 \times 1 \times 1 \times 1,5 \times 2) \times 7,5 = 20,25 \text{ KW}$$

Amb el valor de la potència corregida obtinguda i la velocitat de gir del pinyó, és a dir la del motor, s'entra en el gràfic de la figura 2.16 del qual s'obté la sèrie i tipus de cadena necessària amb el seu pas corresponent. El tipus de cadena que s'obté amb una potència corregida de 20,25 KW i 630 rpm, és la 16B amb un pas de 25,4 mm.

Una vegada es sap el tipus de cadena, es pot calcular els diàmetres primitius del pinyó i roda gran amb l'equació 74.

Per $z_1 = 21$

Equació 87

$$d_{p1} = \frac{25,4}{\sin\left(\frac{\pi}{21}\right)} = 170,42 \text{ mm} \rightarrow 171 \text{ mm}$$

Per $z_2 = 38$

Equació 88

$$d_{p1} = \frac{25,4}{\sin\left(\frac{\pi}{38}\right)} = 307,6 \text{ mm} \rightarrow 308 \text{ mm}$$

Ara es pot procedir a calcular la longitud real de la cadena, que ve donada per les equacions 77 i 78.

Com que el número de baules ha de ser enter s'haurà d'ajustar la distància entre centres que s'ha suposat abans. D'aquesta manera ens queda un procés iteratiu, mostrat a la taula 2.13.

Taula 2.12. Resultats del procés iteratiu

Distància entre centres(O)	Angle de contacte (β)	Número de baules (L/p)
265	0,287	58,5
270	0,5322	58,15
275	0,225	58

Font: Font pròpia

Per tant ens queda una longitud de cadena de 1473,2 mm, que s'obté de multiplicant el pas pel número de baules, amb una distància entre centres de 275 mm.

Ara que es té la longitud real de la cadena i del número de baules, es re-calcula el valor del coeficient tres. Mirant al gràfic de la figura 2.14, el coeficient és de 2.

Amb el nou coeficient es torna a calcular la potència corregida per determinar un altre cop el tipus de cadena.

Equació 89

$$P_c = (k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5) \times P = (0,9 \times 1 \times 2 \times 1,5 \times 2) \times 7,5 = 40,5 \text{ KW}$$

Mirant al gràfic, el tipus de cadena és la 20B amb un pas de 31,75 mm, com que no és la mateixa que la calculada amb els valors suposats anteriorment, s'haurà de iterar.

Es tornen a calcular els diàmetres primitius.

Per $z_1 = 21$

Equació 90

$$d_{p1} = \frac{31,75}{\sin\left(\frac{\pi}{21}\right)} = 213,02 \text{ mm} \rightarrow 214 \text{ mm}$$

Per $z_2 = 38$

Equació 91

$$d_{p1} = \frac{31,75}{\sin\left(\frac{\pi}{38}\right)} = 384,5 \text{ mm} \rightarrow 385 \text{ mm}$$

Amb els nous diàmetres, es torna a calcular la longitud de la cadena, els resultats es mostren a la taula 2.14.

Taula 2.13. Resultats del procés iteratiu

Distància entre centres(O)	Angle de contacte (β)	Número de baules (L/p)
250	0,883	55,66
245	0,814	55,35
240	0,793	55

Font: Font pròpia

Per tant ens queda una longitud de cadena de 1746,25 mm, que s'obté de multiplicant el pas pel número de baules, amb una distància entre centres de 240 mm.

Ara que es té la longitud real de la cadena i del número de baules, es re-calcula el valor del coeficient tres. Mirant al gràfic, el coeficient és de 2,2.

Amb el nou coeficient es torna a calcular la potència corregida per determinar un altre cop el tipus de cadena.

Equació 92

$$P_c = (k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5) \times P = (0,9 \times 1 \times 2,2 \times 1,5 \times 2) \times 7,5 = 44,55 \text{ KW}$$

Mirant al gràfic, el tipus de cadena és la 20B, com que ara sí és la mateixa, ja no s'haurà d'iterar més.

Com s'ha fet amb la cadena anterior, per comprovar si la cadena pot aguantar sense fallar, s'haurà de calcular la seva velocitat lineal, els esforços que pateix i quina és la seva pressió màxima de contacte.

Sabent que la velocitat es calcula amb l'equació següent i que la taula 2.10 indica les velocitats màximes a les que pot anar cada tipus de cadena, es pot saber si complirà.

Equació 93

$$v = \frac{p \times z_i \times n_2}{60} = \frac{0,03175 \times 21 \times 630}{60} = 7 \text{ m/s}$$

La velocitat calculada és inferior a la velocitat màxima permesa per un pas de 31,75 mm que és de 16 m/s, per tant en quan a velocitat compleix.

Els esforços que ha de suportar la cadena són l'esforç útil i l'esforç degut a la força centrífuga de la cadena.

Equació 94

$$F_u = \frac{P}{v} = \frac{7500}{7} = 1071,43 \text{ N}$$

Equació 95

$$F_c = m \times v^2 = 3,7 \times 7^2 = 181,3 \text{ N}$$

La massa de la cadena es treu de la taula 2.11, on també s'extreu la carga de ruptura amb la qual es podrà calcular el factor de seguretat.

Equació 96

$$FS = \frac{R}{F_T} = \frac{10000 \times 9,81}{1071,43 + 181,3} = 78,31 \geq 12$$

Per tant, la cadena triada compleix.

Finalment s'ha de calcular la pressió màxima. Els valors de diàmetre i longitud del boló i baula interior respectivament, es poden trobar a la taula anterior, sent aquests 4,45 i 11,3 mm respectivament. Utilitzant la següent fórmula ens queda:

Equació 97

$$PS_{\max} = \frac{F_T}{d \times l} = \frac{1252,73}{10,17 \times 29,01} = 4,246 \text{ MPa}$$

La taula 2.12, determina quina és la pressió màxima admissible que pot suportar cada tipus de cadena. Amb la cadena tipus 20B tenim que la pressió màxima és de 17 Mpa. La cadena no supera aquesta pressió, per tant també compleix en quant a pressió. S'arriba a la conclusió que la cadena seleccionada és la bona.

6 Millora del sistema de tall

Com que el sistema de tall està en contacte amb la carn, el material que s'utilitza, com ja s'ha explicat anteriorment, és l'acer inoxidable. El problema apareix quan hi ha un fregament elevat i continu entre els aliments i el material, els quals incrementen el desgast i inclús pot arribar a empitjorar la qualitat de l'aliment. En el cas de la carn, aquest fenomen, es pot trobar en el fregament tan gran que es produeix a les plaques metàl·liques, fent que la carn s'ennegreixi, malbaratant el producte. Aquest ennegriment es produeix a causa de la quantitat de crom que hi ha en l'acer inoxidable, el qual reacciona amb la carn i provoca l'ennegrimient.

Com que això només es produeix en les plaques metàl·liques, per evitar aquest ennegriment de la carn, s'ha decidit utilitzar metall dur com a material d'aquestes amb un recobriments DLC, la resta es deixa en acer inoxidable.

El recobriments DLC (Diamond-Like Carbon), consisteix en col·locar capes de carboni tipus diamant sobre la superfície escollida. Combina l'alta micro-duresa y el baix coeficient de fricció de lliscament per aconseguir ser el millor recobriments possible en sistemes tribològics, és a dir, en superfícies que estan en contacte entre si i el seu entorn.

Aquest recobriments ens el proporciona l'empresa Flubetech, que es troba a la província de Barcelona. El recobriments de Flubetech és el DLC Molt, els beneficis que dona utilitzar aquest tipus de recobriments són:

- Resistència al desgast abrasiu i adhesiu.
- Molt resistent a la corrosió en mitjans àcids i alcalins.
- Fàcil lliscament a causa de les propietats de fricció i desgast del carboni.
- Es manté la duresa original del motlle.
- Absència de distorsions dimensionals durant el procés de recobriments.
- Augment de la durabilitat de la vida en servei mantenint el polit original.
- Protecció contra ratllat.
- Facilitat de neteja.
- Augment de la capacitat de polit si escau.

La taula 2.15 mostra les característiques tècniques del recobriment DLC Molt.

Taula 2.14. Característiques DLC Molt

Propietats	
Duresa	27 GPa
Coeficient fricció	0.1-0.01
Gruix de capa	2-3µm
Temperatura d'obtenció	<250 °C
Temperatura d'oxidació	450 °C

Font: <http://www.flubetech.com/recubrimientos/dlc-molt/>

D'aquesta manera hi hauran dues classes de picadores, la primera serà la picadora Fermix, la qual no té el recobriment DLC i el seu set Unber serà d'acer inoxidable, i la segona serà la picadora Fermix+, la qual sí tindrà el recobriment DLC amb les plaques metàl·liques del set Unber de metall dur com a material, fent que aquesta tingui un cost més elevat però garantint una qualitat final del producte superior al de la picadora normal.

7 Càlcul de la bancada per MEF

Es realitza un càlcul mitjançant el Mètode d'Elements Finitos per tal de comprovar la resistència de la bancada que suporta els elements anteriorment calculats. L'anàlisi es realitza amb el programari de simulació Autodesk Inventor i el modelatge en 3D es realitza amb SolidWorks.

Un cop modelada la geometria s'especifica el material de la peça(acer inoxidable AISI 304), s'indiquen quines són les condicions de contorn (forces i restriccions), es malla el model i es realitza l'anàlisi.

Finalment es comproven els resultats de deformació, tensions i factor de seguretat obtinguts, per si en cas que no fossin favorables, es tingués que tornar a modelar fins obtenir-ne de bons.

7.1 Condicions de contorn

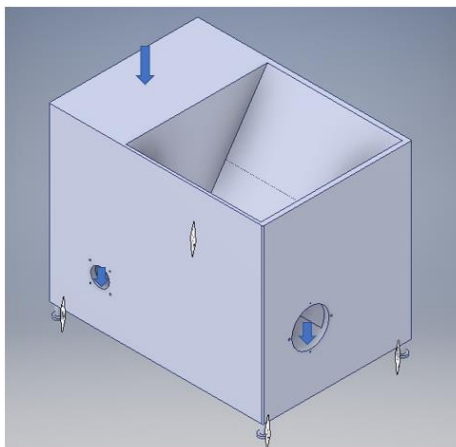


Figura 2.17. Condicions contorn Bancada

Font: Font pròpia

A la figura 2.17 es pot veure representat el model assajat i les condicions de contorn que s'han aplicat al model. Les restriccions seran els punts fixes situats a les potes de la bancada. Les fletxes representen les reaccions corresponents al propi pes de la bancada a part del elements que suporta i de les forces que pateixen els cargols sense fi al empènyer la carn i de les transmissions al transmetre el parell del motor per accionar-los.

7.2 Resultats

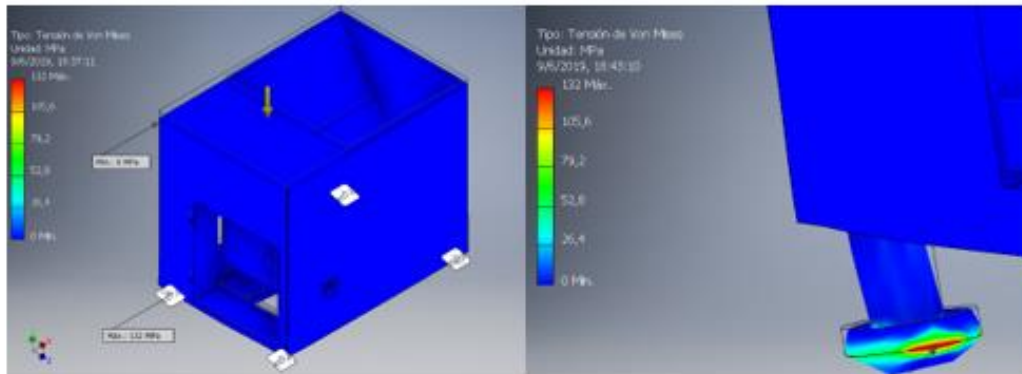


Figura 2.18. Tensions de Von Mises

Font: Font pròpia

Les tensions de Von Mises representades a la figura 2.18 corresponen a la condició de pressió màxima, en la qual el motor dona el màxim del seu parell i la capacitat de la tremuja és màxima. És una situació límit, però amb aquesta es pot veure que l'element es troba lluny de la seva zona de deformació plàstica i que el global de la peça pateix tensions més lleus encara on la màxima tensió es troba a les potes amb un valor de 132 MPa.

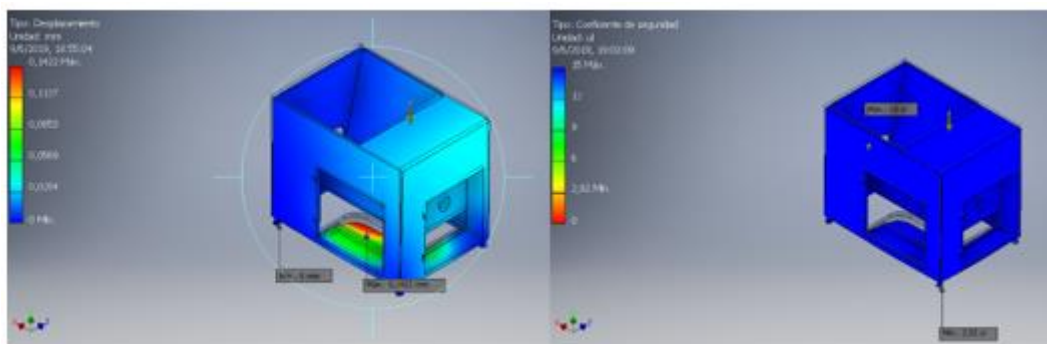


Figura 2.19. Deformacions i Factor de seguretat

Font: Font pròpia

Com s'observa a la figura 2.19 les deformacions màximes assolides excedeixen per poc les 2 dècimes de mil·límetre en el punt més deformat. Tenint una deformació màxima de 0,1422 mm en la zona inferior de la bancada on van col·locats els motors. No resulta per tant una deformació que faci replantejar-se el disseny. A més a més el factor de seguretat mínim de 2,92 reforça la idea de mantenir aquest disseny.

8 Estudi econòmic

L'estudi econòmic, només inclourà les parts relacionades estrictament amb la fabricació i disseny de la picadora, excloent el transport i la instal·lació corresponent.

El cost econòmic del projecte és de 16.545 € en el cas de la picadora Fernix i de 16828 € en el cas de la picadora Fernix+. En els dos casos amb l'IVA inclòs.

Aquests costos es divideixen en els costos directes, els quals són els relacionats amb la fabricació de la picadora, i els indirectes relacionats amb el disseny i càlcul de la picadora. Aquests costos estan desenvolupats en el document "Pressupost".

Costos	Valor (€)
Subtotal costos directes	*8872,126 / 8589,277
Subtotal costos indirectes	7955,75
TOTAL A PAGAR	²*16827,876 / 16545,027

* Cost de la picadora Fernix+

9 Impacte ambiental

Aquest projecte al no tractar-se d'un projecte que alteri directament el medi ambient, és ad dir, que no mou el sòl, no contamina les aigües o genera pols durant la seva construcció i el seu temps de funcionament, no cal realitzar un anàlisi del seu impacte ambiental d'una manera profunda.

No obstant, es descriuran certes mesures per tal de reduir la generació de residus que poden contaminar el medi ambient durant la vida útil de la picadora.

La primera mesura és la reutilització de les peces que s'han de canviar sempre i quan les seves propietats siguin útils per a la generació de noves peces i la quantitat d'energia a aplicar per transformar-la no sigui major que la que s'ha d'utilitzar per destruir-les. El material sobrant, les peces defectuoses que es generen durant la fabricació de la picadora, també seguiran el mateix criteri.

La segona mesura és l'emmagatzematge dins uns contenidors espacialment adequats per els residus generats durant la fabricació de la picadora com poden ser la ferritja, els olis o els refrigerants.

La última mesura és l'entrega de les peces que no s'hagin pogut reciclar a plantes especialitzades pel seu adequat tractament.

10 Comparativa de la picadora Fernix respecte a les del mercat actual

Per saber quins resultats té la picadora dissenyada respecte a les altres picadores analitzades que es troben en el mercat, s'analitzaran diferents factors i es mostraran les diferències utilitzant una taula de puntuació on 1 és el pitjor i 5 el millor. La picadora que s'utilitzarà per comparar-la amb les altres, serà la picadora Fernix+ ja que té més qualitat que la picadora Fernix.

Aquests factors que s'analitzaran seran el temps, la productivitat, la qualitat final del producte, l'impacte ambiental del producte, el manteniment i el preu.

El temps que s'utilitzarà per comparar cada picadora serà el temps des de que la carn es col·loca a la tremuja fins que surt tota la carn per la boca d'aquesta. A la productivitat es tindrà en compte la quantitat de carn que pot produir a la hora. La qualitat de la carn es mesurarà a partir de la diferència de temperatura, la densitat i el color que hi ha entre la carn abans de ser picada i la carn un cop picada. En l'impacte ambiental s'analitzarà si es prenen mesures per reduir la contaminació que produeix la picadora durant la fabricació i al llarg de la seva vida útil. En el manteniment es tindrà en compte tant la qualitat de neteja de la picadora com l'accessibilitat dels mecanismes per tenir un bon manteniment. Per puntuar el preu es tindrà en compte quina relació hi ha en quan a qualitat preu de la picadora.

La taula 3.7 mostra la puntuació de cada picadora dels factors un vegada s'han analitzats.

Taula 3.7. Puntuació dels factors analitzats per cada picadora

Picadora	Temps	Productivitat	Qualitat	Impacte ambiental	Manteniment	Preu
Seydelmann	5	4	4	4	4	4
Laska	4	5	4	4	5	4
Mepaco	3	3	2	3	2	3
Mado	3	3	3	1	3	3
Biro	1	2	3	3	3	2
CastellVall	2	3	3	2	2	3
Picadora+	5	4	5	5	4	4

Font: Font pròpia

11 Aspectes per continuar i/o millorar el projecte

Com que aquest projecte s'ha centrat únicament en l'àmbit mecànic, hi han hagut matisos que no s'han desenvolupat amb profunditat. Per aquesta raó, a continuació s'enumeren quins es poden millorar i desenvolupar.

- Disseny del carro que conté la carn perquè encaixi amb el sistema d'elevació i a la hora sigui còmode.
- Estudi dels processos càrnics per a la seva millora
- Estudi de disseny del sistema elèctric i electrònic de la picadora
- Plànols de muntatge i manteniment de la picadora
- Implementar un sistema hidràulic per extreure els cargols
- Calcular la classe de soldadura per els elements que van soldats
- Fer un estudi sobre la viabilitat del projecte

12 Conclusions

Arribat en aquest punt, és moment de determinar si s'han assolit els objectius marcats al començament del projecte i també d'una valoració personal del mateix.

Pel que fa als objectius mercats, s'han assolit en la seva totalitat. Es pot dir que s'ha arribat a la realització d'un projecte ben executat, incloent-hi totes les parts de les quals s'ha fet constància en el projecte.

En quan a la valoració personal, cal apuntar que els resultats que s'han obtingut és força positiva, amb la sensació d'haver aplicat els coneixements apresos en moltes de les assignatures cursades. També s'ha de mencionar l'esforç del dia a dia i la constància que s'hi ha dedicat per aplicar tant els coneixements apresos durant aquests anys de carrera, com els nous que s'han adquirit al llarg del projecte.

S'ha fet un esforç per adaptar-se a les condicions del mercat laboral, i mentre he estat en el procés d'estudi i disseny del projecte, he tingut una entrevista amb un professional del sector de processos càrnics, d'aquesta forma m'he pogut fer una millor idea i conèixer d'una manera més profunda alguns dels diferents apartats del projecte. També haig de dir que hi ha hagut un grau d'implicació alt en l'elaboració d'aquest projecte, ja que no només he tingut com a finalitat l'obtenció del Títol d'Enginyer Mecànic, sinó la d'adquirir nous coneixements i poder posar-los en pràctica dins el món laboral.

Com s'ha dit abans, aquest projecte només s'ha centrat en l'àmbit mecànic. Per tal d'obtenir millors resultats, es podria aprofundir en els aspectes mencionats anteriorment.

Un cop finalitzada la feina es conclou amb la satisfacció d'haver cursat el projecte final de carrera de forma positiva i amb la il·lusió que sigui acceptat i agradi a la resta de la gent que ha col·laborat en la realització d'aquest treball.

Bibliografia

Llibres

- Siegfried G. Müller & Mario A. Ardoíno: Procesamiento de Carnes y Embutidos, unpublished.
- Sistema de Gestión de la Inocuidad de los Alimentos – Requisitos para Cualquier Organización en la Cadena Alimenticia, ISO-22000:2005, 2005.
- RIBA ROMEVA, C. Disseny de màquines IV: Selecció de materials 2. Barcelona, Edicions UPC, 1997.
- R. L. Norton, Diseño de Maquinas, Prentice Hall, 4ta Ed., 2011.
- Henriot, Georges. Traité théorique et pratique des engranages. 6e. éd. Paris: Dunod, 1979. ISBN 2040156070.
- Decker, Karl-Heinz. Elementos de máquinas. Bilbao: Urmo, 1980. ISBN 8431403403.
- Código de Dibujo Técnico –Mecánico, INEN, Serie: Normalización, Número: 009, 1989.

Pàgines web

- <https://www.laska.at/> Clases de picadores industriales
- <https://www.seydeltmann.com/es/> Clases de picadores industriales
- www.youtube.com Funcionament d'una picadora.
- www.tracepartsonline.net Models normalitzats 3D.
- www.skf.com/es/index.html Models normalitzats 3D.
- www.cvr.etsia.upm.es Tipologia i perfils d'acer
- <http://www.uginox.com/es/node/941> Tipologia d'acers inoxidables
- <https://ingemecanica.com/tutoriales/tutoriales.html> Càlcul d'un cargol de potència.

Apunts

- Apunts de l'assignatura de disseny de màquines II
- Apunts de l'assignatura de resistència de materials
- Apunts de l'assignatura d'elasticitat
- Apunts de l'assignatura de ciència dels materials